UNIVERSITAT JAUME I

**ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA I CIÈNCIES EXPERIMENTALS**

**MÁSTER EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES**

# "PROYECTO DE ESTRUCTURA METÁLICA PARA ALMACENAMIENTO DE MATERIALES CERÁMICOS E INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA."

**TRABAJO FIN DE MÁSTER**


**AUTOR**

CELIA LACOMBA ALBERT

**DIRECTOR**

DAVID HERNÁNDEZ FIGUEIRIDO

LLUÍS MONJO MUR


Castelló de la Plana, 23 de Octubre 2019

## ÍNDICE GENERAL

## ÍNDICE DE FIGURAS

## ÍNDICE DE TABLAS

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

# I. MEMORIA DESCRIPTIVA

## ÍNDICE MEMORIA DESCRIPTIVA

## 1. Introducción

El autoconsumo es el consumo por parte de uno o varios consumidores de energía eléctrica, proveniente de instalaciones de producción asociadas a las de consumo y próximas a las mismas.

Hasta el momento, con el "*RDLey 15/2018 de medidas urgentes para la transición energética*", se introdujeron cambios relevantes en la Ley del Sector Eléctrico relacionados con el autoconsumo:

- Se eliminaron los peajes y cargos a la energía autoconsumida.
- Se establece la exención de obtener permisos de acceso y conexión a las instalaciones en la modalidad sin excedentes.
- Se permitió el autoconsumo compartido y de proximidad.
- Se estableció que las instalaciones conectadas en BT se ejecutaran y tramitaran según el REBT.
- Se suavizó el régimen de infracciones, estableciendo que el incumplimiento de los requisitos administrativos sólo sería infracción leve y manteniendo como infracción grave toda aquella que suponga el incumplimiento de requisitos técnicos.

Además, en Abril del 2019, entró en vigor, el nuevo "*RD 244/2019, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica*, con el que se consigue:

- Derogar al "*RD 900/201 , por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo"* y desarrollar reglamentariamente los cambios introducidos en la Ley con el "*RDL 15/2018 de medidas urgenes para la transición energética y la protección de los consumidores*".
- Contemplar la mayoría de los aspectos que se reclamaban desde la "*Alianza por el Autoconsumo*".

Además, este también nos permite distinguir entre dos modalidades principales de autoconsumo que conllevarán sus respectivas implicaciones administrativas y técnicas:

- Modalidad de suministro con autoconsumo sin excedentes.
- Modalidad de suministro con autoconsumo con excedentes.
    - Acogido a compensación (≤ 100 kW).
    - No acogida a compensación.

El siguiente cuadro resumen muestra las principales modalidades recogiendo la información básica que aplica a cada una de ellas.

| MODALIDADES | | | | Conexión a Red | Sujetos | Solicitud Acceso y Conexión |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Individual/Colectivo | | | | |
| **SIN EXCEDENTES** | - | *x* | *o* | A red interior | 1 solo Consumidor | Exentas |
| **CON EXCEDENTES** | -Acogido a compensación (≤ 100 kW). - No acogida a compensación | *x* | *o* | A red interior | 1 Productor y 1 Consumidor | Exentas ≤ 15 kW en suelo urbanizado |
| | | *o* | *x* | A instalaciones enlace comunes | | |
| | | *x* | *x* | A RdD. En proximidad | | |

***x*** *Caso habitual;* ***o*** *Caso excepcional pero posible.*

*Tabla 1. Resumen de las características de las modalidades de autoconsumo del RD244/2019*

Destacando que:

- El Consumidor y el Productor pueden ser personas físicas o jurídicas diferentes en cualquier modalidad.
- Un Consumidor no puede estar asociado a más de una modalidad de autoconsumo, pero si a más de una instalación.
- Se puede instalar más potencia de generación que de consumo.

Es este *RD244/2019* el que regula la posibilidad de una Modalidad de Autoconsumo Directo, es decir, con vertido cero. Suponiendo una una alternativa a la instalación de baterías o la conexión a red para la venta de excedentes.

El funcionamiento básico de este autoconsumo directo es el de un sistema de regulación del intercambio de potencia, en el que la generación y el consumo de energía suceden de forma simultánea, es decir, la energía generada se consume en el acto, sin necesidad de ser almacenada.

Las ventajas qu presentan este tipo de instalaciones son:

- Ahorro económico y energético inmediato.
- Recurso inagotable y sin coste.
- Se evitan pérdidas de energía por el transporte de ésta a través de la red eléctrica.
- Reduce la dependencia energética de la compañía eléctrica.
- Sostenibilidad, medio ambiente y mejora de la imagen de la empresa.

En cuanto a la nave industrial, esta será contemplada como estructura metálica en la que únicamente se cubrirán aguas, el proyecto de la misma se desarrollará siguiendo lo establecido en la norma UNE 15700:2002, Criterios generales para la elaboración de proyectos.

## 2. Objeto

El objeto del presente proyecto es el diseño y cálculo de una estructura metálica, que solucionará los problemas de deterioro de material a la intemperie y sobre ella llevar a cabo la instalación solar fotovoltaica que se dimensiona ajustando su generación energética a los actuales consumos en la empresa y a la limitación de la superficie.

## 3. Alcance

El proyecto abarcará el estudio de las necesidades actuales de la empresa del sector industrial, analizando los actuales consumos con la finalidad de dimensionar una instalación solar fotovoltaica en la cual no se generen excedentes, sino que toda la energía generada sea autoconsumida directamente.

Se estudiarán la orientación e inclinación adecuadas según las necesidades del usuario y de igual manera la irradiancia en los diferentes meses del año.

Se obtendrán las pérdidas que pueden darse en el conjunto de la instalación con el fin de dimensionar una instalación que sea capaz de generar y cubrir una parte del consumo existente en la empresa con energía solar fotovoltaica.

Con la instalación solar dimensionada se procederá al cálculo de la estructura metálica, la cual deberá además de cumplir con las restricciones que presenta el P.G.O.U. de la localidad, ser capaz de soportar la sobrecarga de la instalación garantizando la máxima seguridad estructural.

## 4. Normas y referencias

### 4.1. Disposiciones legales y normativa aplicada.

La normativa de aplicación al proyecto es la siguiente:

- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias. REBT e ITC.
- *Real Decreto 244/2019*, del 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.
- *RDLey 15/2018* de medidas urgentes para la transición energética.
- Código Técnico de la edificación (CTE) y sus Documentos Básicos.
- *Real Decreto 1247/2008*, de 18 de Julio, por el que se aprueba la instrucción de hormigón estructural (EHE-08).
- *Real Decreto 314/2006*, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- Norma *UNE-EN-50618:2015*, Cables eléctricos para sistemas fotovoltaicos.

- Norma UNE-15700:2002, Criterios generales para la elaboración de proyectos.
- Plan General de Ordenación Urbana de la localidad de Onda.

### 4.2. Programas de cálculo

- *AutoCad 2019*. Diseño y edición digital de planos
- *CYPE 2019.* Diseño y cálculo de estructuras.
- *Paquete Microsoft Office.* Hojas de cálculo y procesamiento de texto.
- *PVGIS.* Información radiación solar.

## 5. Bibliografía

[1] REBT (2019), "*Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias"*. Ministerio de Ciencia y Tecnología.

[2] CTE,(2019), "*Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias".* Ministerio de Ciencia y Tecnología.

[3] NORMAS UNE- AENOR, Entidad independiente de servicios de verificación.

**Manuales y guías**

[4] CYPE 3D 2016," *Manual Imprescindible*". Antonio Manual Reyes. Editorial ANAYA

[5] IDAE (2019), "*Guía profesional de tramitación del autoconsumo"* Ministerio para la transición Energética.

[6] P.G.O.U., Plan General de Ordenación Urbana de la localidad de Onda.

## 6. Requisitos de diseño

### 6.1. Información de la parcela

La instalación proyectada se sitúa en la localidad de Onda, perteneciente a la provincia de Castellón, a 19 km al Sur-Oeste de la ciudad de Castellón de la Plana.

Concretamente se ubica en el Polígono UI-6, TR 1A CAMINO VIEJO. Las coordenadas del punto de instalación son las siguientes:

- Población: Onda.
- Provincia: Castellón.
- Latitud: 39.970º
- Longitud: -0.231º

La parcela no dispone actualmente de elementos constructivos, su utilización principal es de almacén intermedio de materiales cerámicos tras el proceso de fabricación, se trata de un almacén de paso de material para después ser clasificado y almacenado en el centro logístico.

A continuación, se muestra la vista aérea de la parcela, y la ubicación de la misma según catastro.


*Figura 1. Vista aérea de la parcela objeto de estudio.*


*Figura 2. Ubicación de la parcela objeto de estudio. Fuente Catastro.*

## 6.2. Exigencias del Plan General de Ordenación Urbana

En cuanto a la parcela, se trata de una parcela de tipo suelo urbano industrial.

La superficie total es de 5.751,80 $m^2$, de los cuales, tal y como establece el PGOU el 60% de la superficie será edificable.

La tabla siguiente muestra las restricciones del Plan General de Ordenación Urbana de la localidad de Onda.

| | **PGOU** |
|---|---|
| **Suelo Urbano** | 5.751,8 $m^2$ |
| **Volumen edificable** | 7 $m^3/m^2$ |
| **Superficie ocupación** | 60 % |
| **Separación a lindes** | 4 m |
| **Nº Plazas aparcamiento** | 1/150 $m^2$ |
| **Altura máxima** | (No se regula) |

*Tabla 2. Situación PGOU y propuesta*

De modo que, ajustándose al P.G.O.U. la superficie a edificar es de un total de 3.450 $m^2$.

## 7. Consumos energéticos existentes

La tarifa contratada en la industria es Tf. Peaje 6.1 A, en la que se distinguen 6 periodos tarifarios y entre los que se produce discriminación horaria atendiendo a la hora del día en la que se considera y mes del año. La potencia contratada es de 1.894,9 kW para cada uno de los periodos.

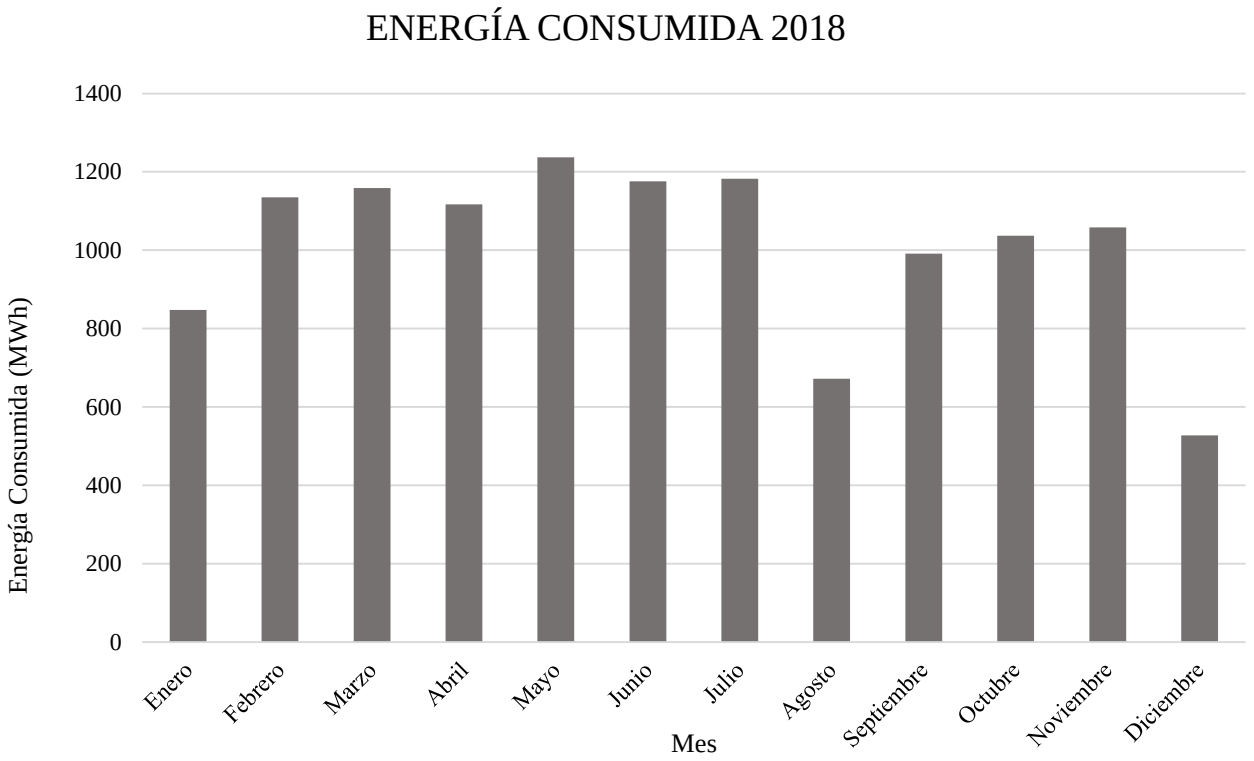
Otros datos energéticos destacables son:

- Consumo energético anual: 12.138 MWh
- Consumo medio mensual: 1.011 MWh

A continuación, se muestran detalles de las cifras de consumo existente en la empresa, con el fin de poder dimensionar una instalación con una potencia capaz de evitar excesos por sobredimensionado a lo largo del año.

De este modo se va a buscar el optimizar la compensación de energía generada y energía consumida, partiendo de que, al tratarse de una industria con consumos elevados, no va a ser posible cubrir el consumo total de la misma con la superficie de la que se dispone. Pero si de reducirlo en la medida de lo posible.

Actualmente, la industria presenta una distribución de consumo anual que se reparte mensualmente como refleja la gráfica siguiente.

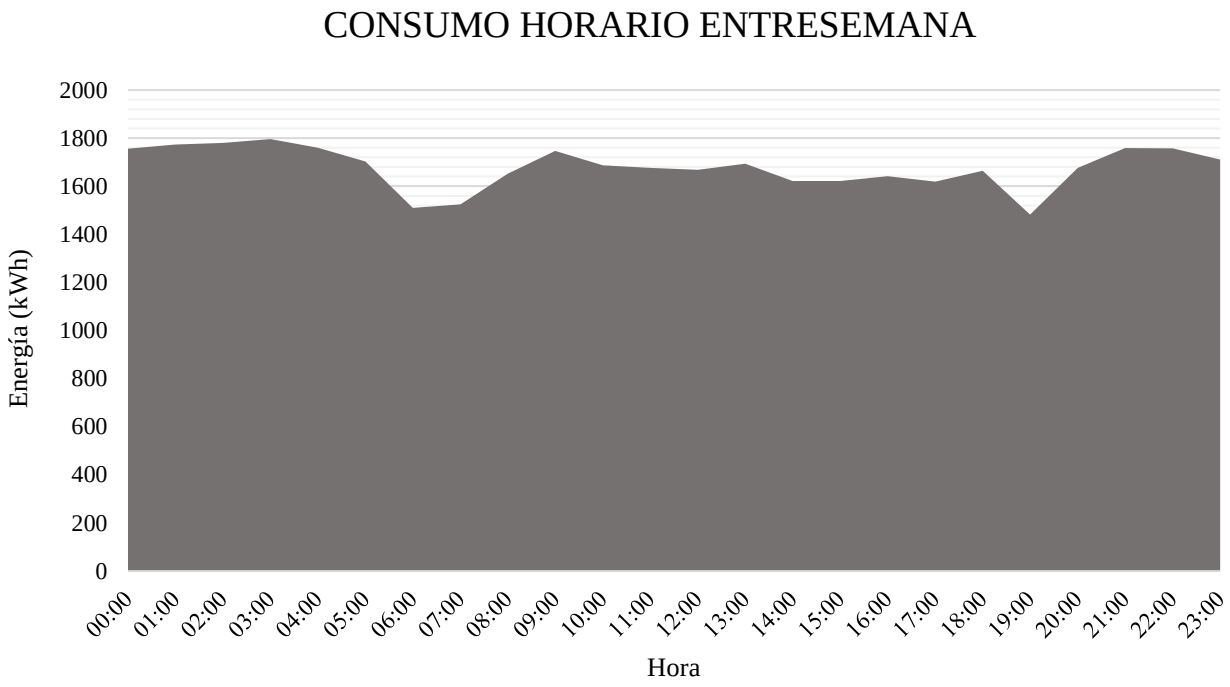



*Gráfica 1. Distribución del Consumo Anual 2018*

El consumo medio mensual es de 1.011,52 MWh lo que supone 33.164,67 kWh/día. Se aprecia como los meses de menor consumo son en los que se realiza mantenimiento. En general, durante el año, el consumo es ininterrumpido.

Si se estudia con mayor atención la distribución de consumos durante un día completo, realizando la media de una semana, se observa cómo, en el período de entresemana, a lo largo del día, se da un pico de consumo máximo de 1.800 kWh alrededor de las 03:00 horas y un pico mínimo de alrededor de 1.500 kWh a las 19:00 horas. Siendo el consumo medio por hora de 1.677,10 kWh y situando la línea base horaria en los 1.500 kWh aproximadamente.

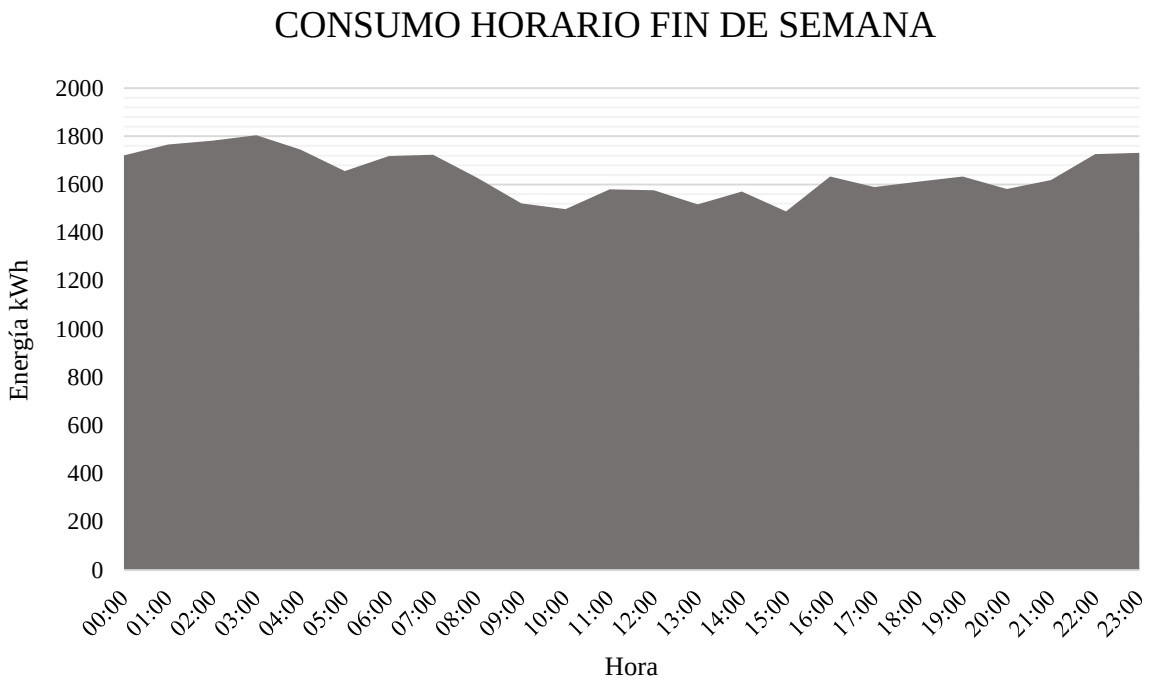
La gráfica siguiente representa la distribución de consumo horaria durante la semana donde pueden apreciarse los valores comentados:




*Gráfica 2. Distribución de Consumo horario Entresemana kWh*

Por otro lado, estudiando los consumos del fin de semana se obtiene que la curva de consumo horaria es muy similar, detectando el consumo mínimo alrededor de los 1.500 kWh a las 15:00 horas y el pico máximo de valor 1.800 kWh de nuevo a las 03:00h de la mañana. Siendo el consumo medio horario de 1.642,52 kWh y situando la línea base de consumo horario en torno a los 1.500 kWh, obteniendo valores prácticamente iguales en el conjunto de la semana.

La curva de consumo de fin de semana toma la siguiente forma:




*Gráfica 3.Distribución de Consumo horario del  Fin de Semana kWh*

A partir de los resultados de consumos se concluye que, para el dimensionado de la instalación, va a tomarse como valor de partida de generación energética los 1.500 kWh, la instalación se diseñará para generar horariamente como máximo dicha energía aproximadamente. Generación que dependerá de la irradiancia y otros parámetros que se justifican en los apartados siguientes.

Por otro lado, la superficie a cubrir por módulos solares es limitada, en concreto de 3.463 $m^2$, de modo este será el parámetro que determinará la potencia total con posibilidad de ser instalada.

Como se ha comentado anteriormente, al tratarse de una industria los valores de consumo son constantes ya que el trabajo es ininterrumpido durante los 7 días de la semana y de forma anual pero que, una avería en cualquiera de las líneas de fabricación puede suponer un descenso muy considerable de los consumos y producción respectivamente.

Puesto que las averías suceden de forma inesperada y se trabaja para minimizarlas, se diseñará una instalación fotovoltaica que cubra la superficie disponible y no supere el máximo horario de generación. De este modo, la instalación será una instalación sin excedentes.

# 8. Diseño de la instalación solar fotovoltaica

## 8.1. Descripción de la instalación

La instalación se instalará en la cubierta a dos aguas y con inclinación de 5º de una estructura metálica diseñada exclusivamente para la misma. Se ha seleccionado dicha inclinación para evitar las pérdidas por sombreado y garantizar fácil instalación y mantenimiento.

La disposición de paneles será agrupados y distribuidos de forma lineal a lo largo de las cubiertas, Estos estarán integrados arquitectónicamente y por lo tanto teniendo la misma inclinación que la cubierta sobre la que se instalan.

En cuanto a la orientación, puesto que se trata de una cubierta a dos aguas se tienen dos orientaciones diferentes, la primera de ellas con un azimut de -11º, corresponde a una orientación Sureste, y la segunda de ellas será su simétrica, con un azimut de 169º correspondiente a una orientación Noroeste.

La cantidad total de módulos en la instalación es de 1.430, cubriendo completamente la superficie sobre la que se trabaja. Estos se agruparán en 55 strings de 26 módulos en serie cada uno.

En cuanto a la cantidad de inversores, serán 5 el número de inversores que se requieren para el correcto funcionamiento de la instalación. A cada uno de ellos llegará un total de 11 strings.

Respecto al cableado de la instalación serán aplicados los criterios de máxima intensidad admisible y máxima caída de tensión que establece la *ITC-BT-40* de instalaciones generadoras.

Se obtendrán, los valores de energía que la instalación será capaz de generar, considerando el porcentaje de pérdidas existentes, y se comparará con la energía demandada obteniendo el porcentaje de ahorro energético que supone la instalación.

## 8.2. RD-Autoconsumo 244/2019

La instalación que se plantea va a acogerse a la modalidad de autoconsumo conectado a red de modalidad de suministro con autoconsumo sin excedentes, según el *Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica*.

Con esta modalidad se cumplirá:

a) Deberá instalarse un mecanismo antivertido que impida la inyección de energía excedentaria a la red de transporte o distribución.
b) El titular del punto de suministro será el consumidor, también será el titular de las instalaciones de generación conectadas a su red.

## 8.3. Instalación adoptada

El Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión recoge en la *ITC-BT-40, Instalaciones generadoras de baja tensión* las exigencias que debe cumplir el sistema antivertido, el principio de funcionamiento de la instalación presenta el siguiente esquema:

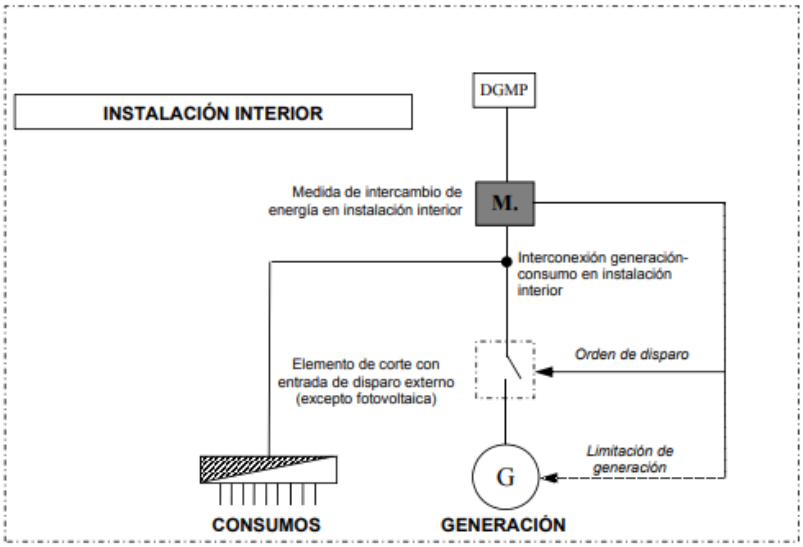



*Figura 3. Esquema con equipo de medida de intercambio de energía con la red en instalaciones conectadas a redes de baja tensión. "Fuente:RD 244/2019"*

Donde

- DGMP, Dispositivo general de mando y protección.

- M., el sistema de medida de intercambio de energía en la instalación.

- Consumos, representa el consumo en cada instante.

- Y la instalación de generación (G), mostrará la siguiente configuración tipo:

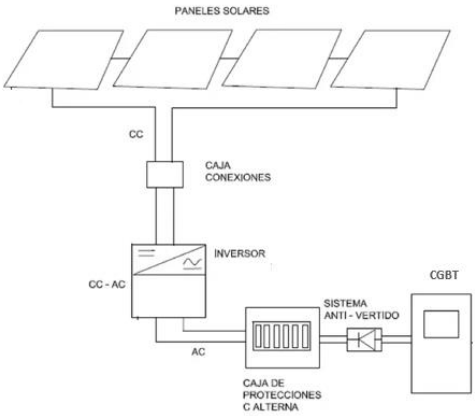



*Figura 4. Configuración tipo de una instalación de autoconsumo sin excedentes*

Para un mayor detalle de la instalación se dispone del esquema unifilar en el apartado *PLANOS.*

## 9. Datos generales de la instalación

La instalación fotovoltaica dimensionada va a ser instalada integrada arquitectónicamente en cubierta de estructura metálica diseñada para soportar el peso de la misma.

Dispondrá de 1.430 módulos TRINA SOLAR TSM-345PE15H con un total de potencia instalada de 493 kWp. Los inversores que se estiman necesarios para el funcionamiento en correctas condiciones son de KAKO ENERGY Blueplanet 92.0 TL3-INT con una potencia nominal de 92 kW.

La figura siguiente muestra la configuración de las placas en la cubierta de la estructura.

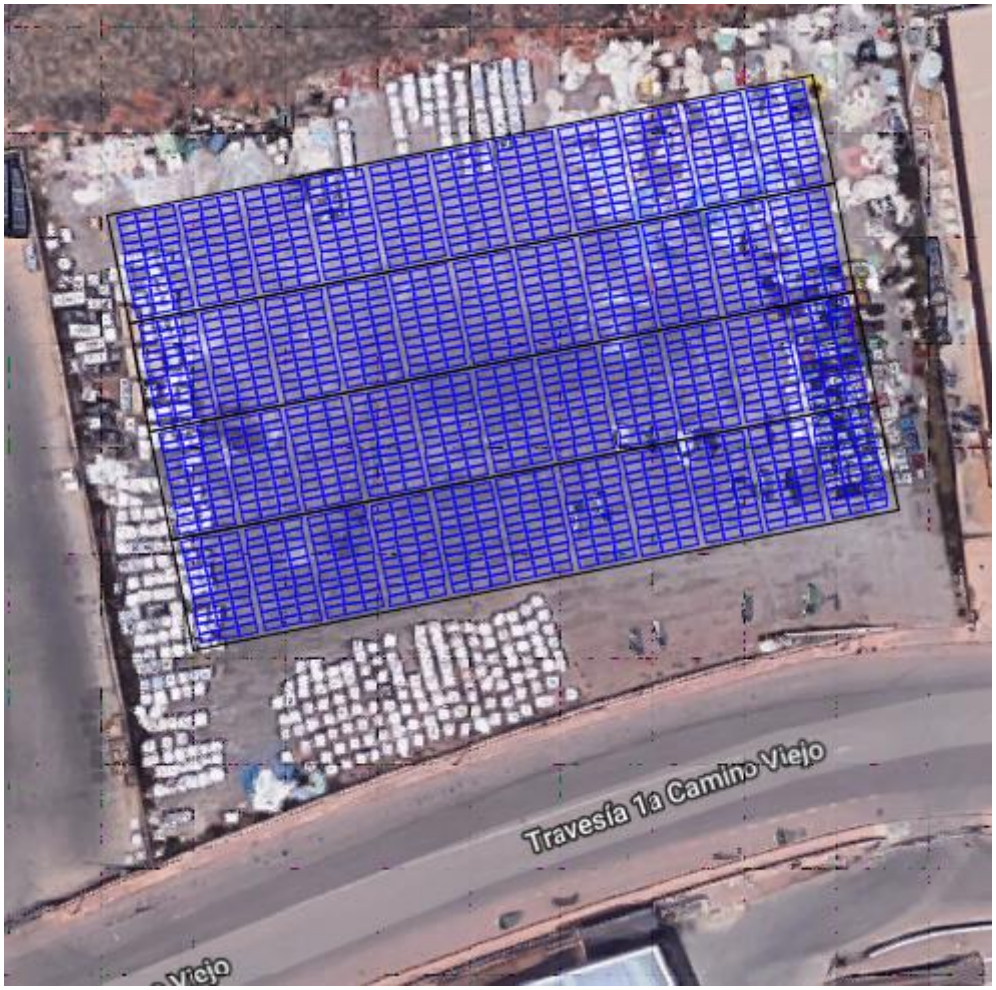



*Figura 5. Distribución de la instalación en cubierta*

## 9.1. Criterios de diseño

Los criterios de diseño para la configuración final de la instalación solar fotovoltaica han sido:

- Puesto que la superficie de cubierta disponible no va a ser suficiente para una instalación fotovoltaica que cubra todo el consumo existente en la industria se va a dimensionar una instalación que sea capaz de cubrir una parte de la demanda sin llegar a generar excedentes en ningún momento del día.
- La modalidad de autoconsumo a la que va a acogerse la instalación es la de un autoconsumo conectado a red sin excedentes, garantizando un vertido cero a red, empleando un sistema de regulación del intercambio de potencia actuando sobre el sistema generación-consumo.
- Condiciones de la parcela: Estudio de la existencia de sombras, y orientación e inclinación adecuadas para cumplir con lo exigido en el P.G.O.U. de la localidad y que además cubra el consumo estimado.
- Integración arquitectónica y limitación de la superficie en cubierta.

## 9.2. Orientación

La estructura que va a soportar la instalación va a ser diseñada con dos orientaciones diferentes, la mitad de los módulos tendrán una orientación Sureste (-11º) y la mitad restante orientación Noroeste (169º). Siendo por lo tanto el azimut de $\alpha_1$= - 11º y $\alpha_2$= 169º.

## 9.3. Inclinación

La inclinación con la que contarán los módulos fotovoltaicos es de $\beta$ = 5º.

## 9.4. Configuración

La disposición de módulos se hará sobre una estructura de fijación que se colocará de forma integrada en la cubierta de la estructura metálica de tipo chapa de acero grecada.

La configuración que se presenta es la siguiente, 55 cadenas en paralelo con 26 módulos en serie cada una. Los módulos se agruparán teniendo 36 bloques de 11 filas por 3 columnas de paneles en horizontal (sobre su lado mayor).

El total de módulos será de 1.430 unidades de 345 wp cada uno de ellos.

La figura siguiente muestra de forma más visual la disposición de los bloques:

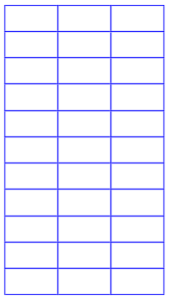


*Figura 6. Distribución de uno de los bloques de paneles en cubierta*

La completa distribución de la cubierta queda recogida en el capítulo *PLANOS*.

## 10. Energía generada por la instalación

### 10.1.Irradiación solar de la instalación

Surge un nuevo factor determinante a la hora del diseño de la instalación, el rendimiento de la instalación va a depender, también, de la irradiación solar durante los diferentes meses del año. La figura siguiente muestra la distribución de radiación por colores, como bien puede observarse la localidad de Onda presenta un nivel de irradiación solar global horizontal medio de 5 kWh /m$^2$.

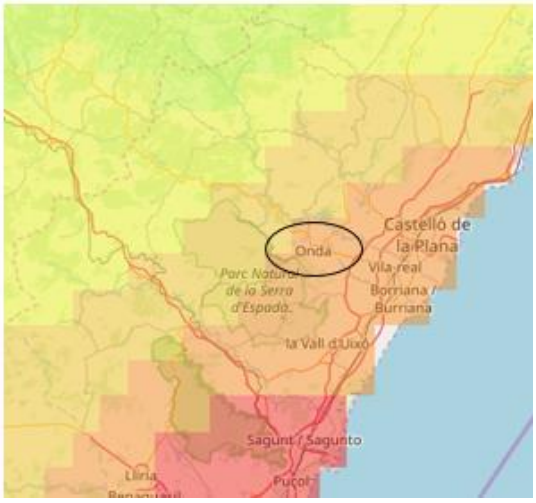
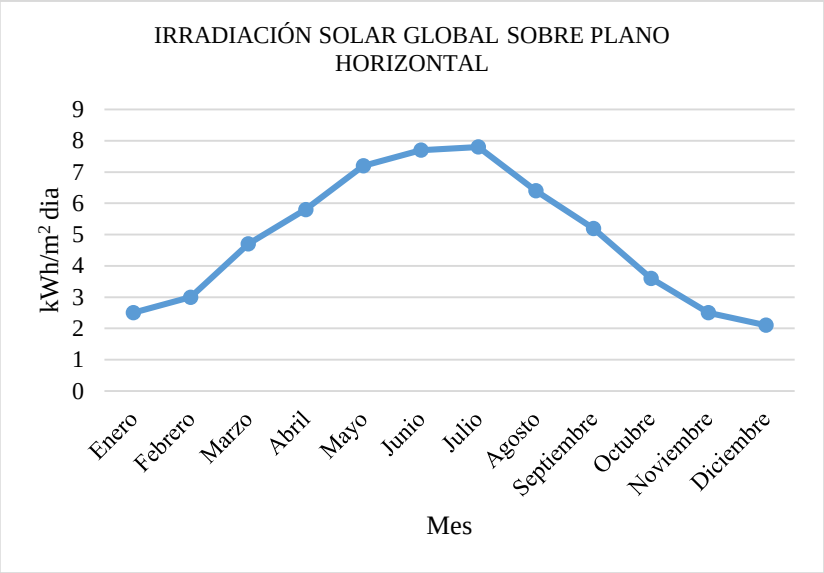



*Figura 7. Irradiación solar global horizontal. Fuente "Adrase".*

La irradiación, no es de valor constante, sino que varía con los meses del año y en Onda lo hace de la siguiente manera:




*Gráfica 4. Distribución mensual de la irradiación solar para latitud y longitud de la instalación.*

| **Mes** | **$G_{dm}$ (0) (kWh/(m²·día))** |
|---|---|
| Enero | 2.5 |
| Febrero | 3 |
| Marzo | 4.7 |
| Abril | 5.8 |
| Mayo | 7.2 |
| Junio | 7.7 |
| Julio | 7.8 |
| Agosto | 6.4 |
| Septiembre | 5.2 |
| Octubre | 3.6 |
| Noviembre | 2.5 |
| Diciembre | 2.1 |
| **Promedio** | **5.0** |

*Tabla 3. Irradiación solar para latitud y longitud de la instalación*

Justificando así la necesidad de ajustar en la medida de lo posible la orientación e inclinación adecuadas para todo el año en la ubicación en la que se requiere.

### 10.2.Obtención de la Energía generada

Considerando la radiación útil y la información técnica de los paneles solares, suministrado por el fabricante, es posible obtener la intensidad generada dependiendo de los valores de la radiación que incida en cada momento.

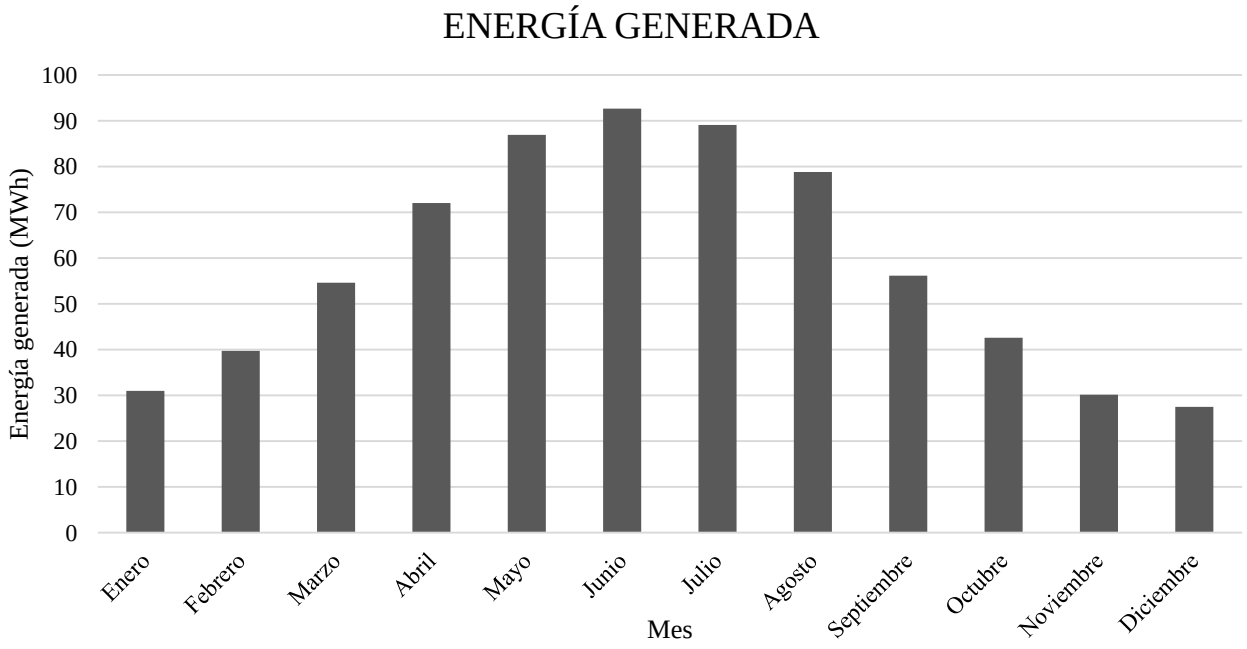
A continuación, se muestran los valores de la energía generada por la instalación a partir de la irradiancia mensual en el plano de los módulos solares y que el total de potencia instalada es de 493 kWp:

| GENERACIÓN FOTOVOLTAICA | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Mes** | **Gdm (5º) (kWh/(m²·dia))** | **Gdm (0º) (kWh/(m²·dia))** | **PR** | **Energía Generada (kWh/día)** | **E. generada (MWh/mes)** |
| Enero | 2.37 | 2.5 | 0.84 | 1000.37 | 31.01 |
| Febrero | 3.34 | 3 | 0.85 | 1418.50 | 39.72 |
| Marzo | 4.13 | 4.7 | 0.85 | 1762.71 | 54.64 |
| Abril | 5.85 | 5.8 | 0.82 | 2400.31 | 72.01 |
| Mayo | 6.90 | 7.2 | 0.81 | 2803.82 | 86.92 |
| Junio | 7.73 | 7.7 | 0.79 | 3089.64 | 92.69 |
| Julio | 7.23 | 7.8 | 0.79 | 2874.88 | 89.12 |
| Agosto | 6.47 | 6.4 | 0.78 | 2543.33 | 78.84 |
| Septiembre | 4.71 | 5.2 | 0.79 | 1871.85 | 56.16 |
| Octubre | 3.38 | 3.6 | 0.81 | 1375.63 | 42.64 |
| Noviembre | 2.43 | 2.5 | 0.82 | 1004.72 | 30.14 |
| Diciembre | 2.10 | 2.1 | 0.84 | 886.38 | 27.48 |
| **Promedio** | **4.72** | **4.88** | **0.82** | **1.919.34** | **58,45** |

*Tabla 4. Generación Fotovoltaica obtenida por la instalación*

La justificación de los resultados obtenidos se encuentra en el "*ANEXO I. Dimensionado de la instalación solar fotovoltaica*".

Se obtiene una generación de energía total de 701,37 MWh anuales. La representación de la generación energética por meses toma la siguiente forma:




*Gráfica 5. Distribución de la Energía mensual generada*

### 10.3.Performance Ratio

El Perfomance Ratio (PR), es el valor obtenido a partir de una estimación de la eficiencia de la instalación en condiciones reales de trabajo, teniendo en cuenta factores tales como las pérdidas por inclinación y orientación, la dependencia de la eficiencia con el factor temperatura, la eficiencia en el cableado, las pérdidas debidas a suciedad, la eficiencia del inversor y otros factores.

El valor promedio obtenido para el caso de la instalación que se diseña es de 0.82, un valor que refleja que la instalación tiene una elevada eficiencia.

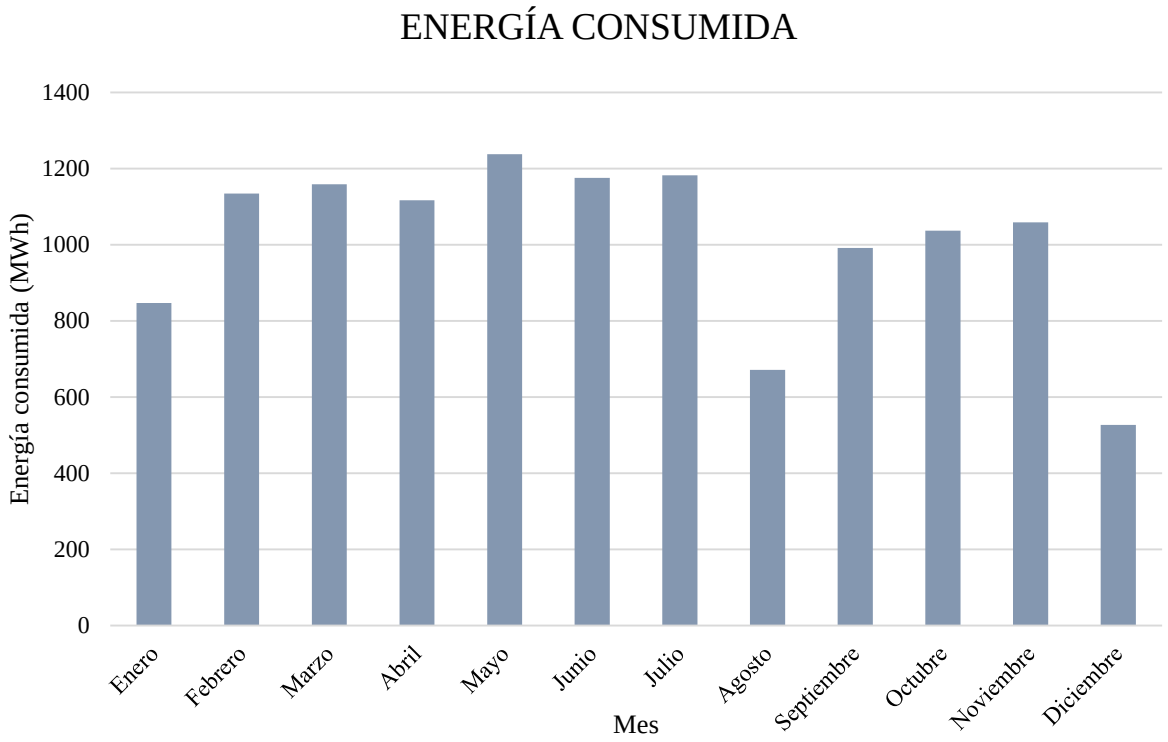
La justificación de los cálculos para cada una de ellas quedará desarrollada en el "*ANEXO I. Dimensionado de la instalación solar fotovoltaica.*"

## 11. Energía demandada

En apartados anteriores se lleva a cabo el estudio del consumo energético existente y su evolución a lo largo del año, a continuación, se muestra una tabla resumen de la demanda energética del período que abarca desde el 01/01/2018 al 31/12/2018.

| **CONSUMO MENSUAL** | | |
|---|---|---|
| **Mes** | **Días** | **Energía Consumida (MWh)** |
| Enero | 31 | 847.41 |
| Febrero | 28 | 1134.76 |
| Marzo | 31 | 1158.54 |
| Abril | 30 | 1116.69 |
| Mayo | 31 | 1237.41 |
| Junio | 30 | 1175.66 |
| Julio | 31 | 1182.03 |
| Agosto | 31 | 671.73 |
| Septiembre | 30 | 991.48 |
| Octubre | 31 | 1037.00 |
| Noviembre | 30 | 1058.44 |
| Diciembre | 31 | 527.09 |
| **Anual** | **365** | **12.138.24** |

*Tabla 5. Demanda energética existente en el periodo de 2018*




*Gráfica 6. Distribución de la Energía mensual consumida*

Los datos de consumos se han obtenido de la compañía energética que abastece a la empresa.

## 12. Autoconsumo energético

Una vez dimensionada la instalación y estudiada la energía que es capaz de generar mensualmente, así como la demanda energética que existe en los diferentes meses del año se procede a estimar el ahorro energético que supondrá para la empresa el desarrollo de dicha instalación.

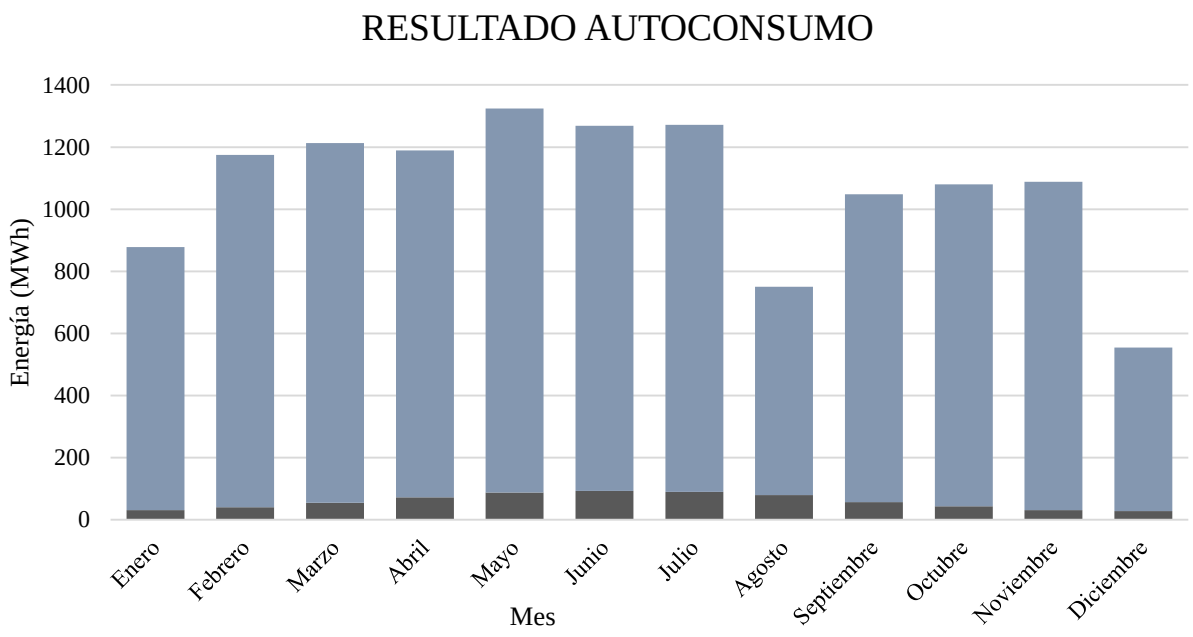
Puesto que, como bien se ha comentado, la modalidad de autoconsumo a la que se acoge este proyecto es la de un autoconsumo conectado a red y sin excedentes, de modo que la energía que se genera es directa para autoconsumo propio, implicando una reducción de la compra de energía a la compañía abastecedora. Además, se dispone de un control antivertido capaz de controlar constantemente la compensación energética de la empresa, de esta forma, en el caso de ser necesaria únicamente un % de la energía fotovoltaica será este % el que sea generado en ese momento, controlando que efectivamente existe vertido cero a la red de distribución.

La siguiente tabla muestra un resumen mensual de los valores de energía generada cuando la instalación está trabajando al 100%, este valor se corresponde con el valor de energía autoconsumida y supondrá el ahorro energético máximo capaz de proporcionar la instalación fotovoltaica.

| AUTOCONSUMO | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Mes** | **Energía Generada (MWh)** | **Energía Demandada (MWh)** | **Energía Autoconsumida (MWh)** | **Energía comprada a red (MWh)** | **Ahorro Energético (%)** |
| Enero | 31.01 | 847.41 | 31.01 | 816.40 | 3.66% |
| Febrero | 39.72 | 1134.76 | 39.72 | 1095.04 | 3.50% |
| Marzo | 54.64 | 1158.54 | 54.64 | 1103.89 | 4.72% |
| Abril | 72.01 | 1116.69 | 72.01 | 1044.68 | 6.45% |
| Mayo | 86.92 | 1237.41 | 86.92 | 1150.49 | 7.02% |
| Junio | 92.69 | 1175.66 | 92.69 | 1082.97 | 7.88% |
| Julio | 89.12 | 1182.03 | 89.12 | 1092.91 | 7.54% |
| Agosto | 78.84 | 671.73 | 78.84 | 592.89 | 11.74% |
| Septiembre | 56.16 | 991.48 | 56.16 | 935.33 | 5.66% |
| Octubre | 42.64 | 1037.00 | 42.64 | 994.35 | 4.11% |
| Noviembre | 30.14 | 1058.44 | 30.14 | 1028.30 | 2.85% |
| Diciembre | 27.48 | 527.09 | 27.48 | 499.61 | 5.21% |
| **TOTAL** | **701.37** | **12.138.24** | **701.37** | **11.436.86** | **5.78%** |

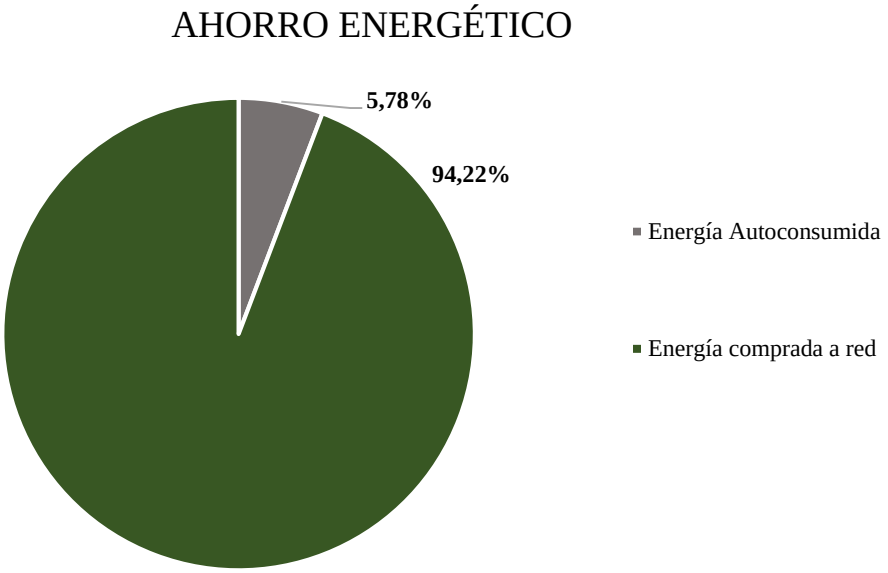
*Tabla 6. Resumen energía autoconsumida*

Además, se adjunta la gráfica comparativa entre la energía autoconsumida y la demandada de modo que sea más visual la proporción de energía que va a autoconsumirse:




*Gráfica 7. Autoconsumo energético*

Como conclusión, la puesta en marcha de la instalación que se dimensiona supondría a la empresa un ahorro energético total del 5,78% anual.




*Gráfica 8. Ahorro energético estimado por la instalación*

## 13. Descripción de equipos que componen la instalación

La instalación solar fotovoltaica se compone de un total de 1.430 módulos distribuidos en la cubierta de la estructura, presentando dos orientaciones puesto que la cubierta de la estructura es a dos aguas. Se tienen un total de 715 módulos con un azimut de $\alpha_1$=-11º y un total de 715 con un azimut de $\alpha_2$= 169º. Todos ellos presentando una inclinación de $\beta$=5º.

Para ser capaz de controlar la energía generada por la instalación se dispone de un total de 5 inversores.

### 13.1.Módulos solares

Se escoge el modelo de panel TSM-345PE15H, distribuidos por TRINA SOLAR, de módulos multicristalinos, debido al buen rendimiento que estos ofrecen, y la buena relación en cuanto a calidad-precio y disponibilidad en el mercado.

### *13.1.1. Características del módulo*

| Especificaciones del módulo | |
|---|---|
| **$P_{max}$ (Wp)** | 345 |
| **Vmp (V)** | 37,70 |
| **Imp (A)** | 9,15 |
| **Voc (V)** | 46 |
| **Isc (A)** | 9,62 |
| **TONC (˚C)** | 41 |
| **Pmax coef (%/˚C)** | -0,38 |
| **Voc coef (%/˚C)** | -0,31 |
| **Isc coef (%/˚C)** | 0,050 |
| **Eficiencia del módulo** | 17,50% |

*Tabla 7. Características técnicas del módulo*

| Características técnicas del módulo | |
|---|---|
| **Peso(kg)** | 22,8 |
| **Largo(mm)** | 2.024 |
| **Ancho(mm)** | 1.004 |
| **Superficie(m2)** | 2,03 |
| **Espesor (mm)** | 35 |
| **Tipo de célula** | 144 células(6x24) |
| **Caja de conexiones** | IP 68 rated |

*Tabla 8. Especificaciones del módulo*

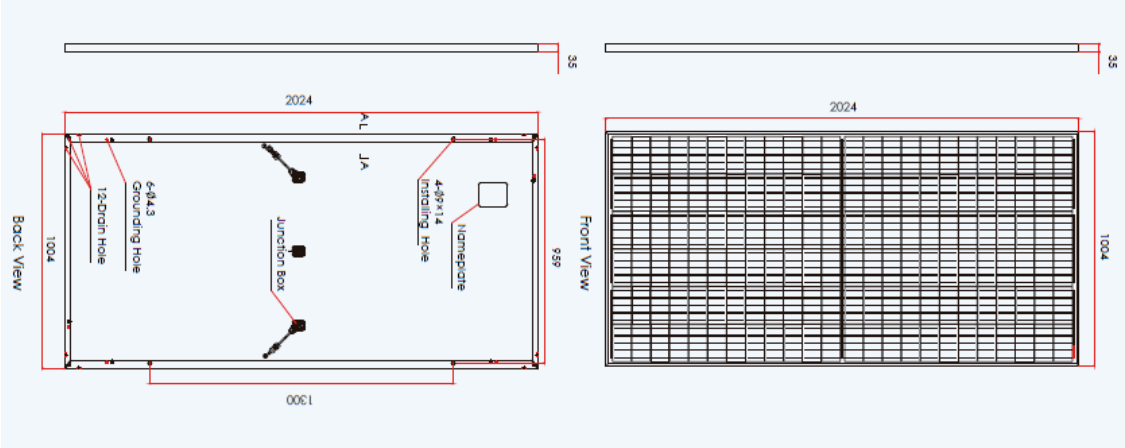



*Figura 8. Plano del módulo solar*

### *13.1.2. Curvas de influencia*

#### *a)Curva I-V*

La irradiacia que incide sobre los paneles afecta al comportamiento de los mismos, esto queda reflejado en la curva I-V. De todos modos, el fabricante garantiza una buena operatividad de los paneles ante valores de irradiancia bajos y así se refleja en la gráfica siguiente.

Destacar que para el dimensionado de la instalación se ha considerado una irradiancia de 1.000 W/m$^2$.

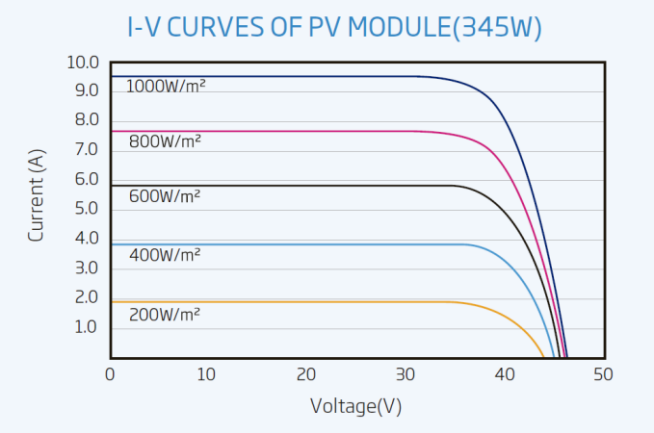



*Figura 9. Curva I-V módulo solar*

#### *b)Curva P-V*

Otro de los resulatados que se ven afectados ante la variación de la irradiancia es la potencia, el buen funcionamiento de los paneles está garantizado pero será importante para la generación de la energía resultante.

De nuevo se han considerado valores de 1.000 W/m$^2$.

La tabla siguiente muestra la comparativa de valores que da el fabricante:

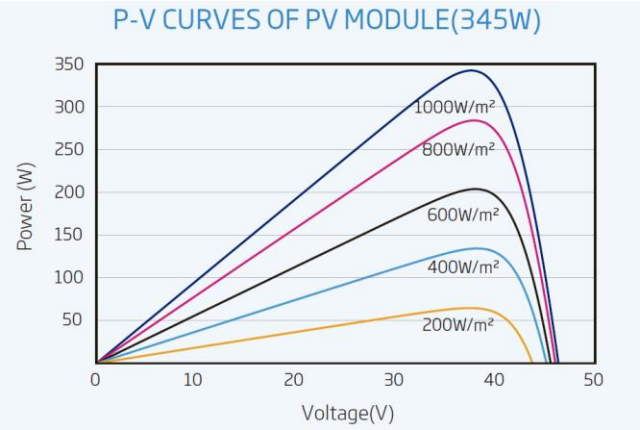



*Figura 10. Curva P-V módulo solar*

### *13.1.3. Certificación de los módulos fotovoltaicos*

TrinaSolar ofrece y una garantía de hasta 10 años en defectos de fabricación y de hasta 25 años en el rendimiento de los paneles.

## 13.2.Inversor

El inversor es un equipo cuyo funcionamiento es de convertidor electrónico de potencia, este se emplea para la trasformación de la corriente continua generada por los paneles FV en corriente alterna que se puede verter directamente a la red de suministro eléctrico.

Los inversores a emplear en este proyecto son los de tipo rama (String Inverter), los cuales se emplean cuando en una misma instalación existen zonas de paneles con orientaciones e inclinaciones diferentes. Así se consigue que cada zona específica, con una misma inclinación y orientación, disponga de su propio inversor capaz de ajustar su PMP (Punto de Máxima Potencia) de forma adecuada.

El grado de protección del que dispone es un IP65 puesto que están preparados para instalarse a la intemperie.

### *13.2.1. Características del inversor*

| **Especificaciones del inversor** | |
|---|---|
| **Pnom (kVA)** | 92 |
| **Pmax (KWp)** | 138 |
| **Eficencia maxima** | 98.80% |
| **Vmpp,max (V)** | 1.300 |
| **Vmpp,min (V)** | 591 |
| **Vmax (V)** | 1.500 |
| **Imax (A)** | 160 |

*Tabla 9. Características técnicas del inversor*

### *13.2.2. Distribución de los strings*

La instalación estará formada por agrupaciones de paneles en serie y en paralelo, estos irán conectados a los inversores agrupando las diferentes orientaciones de los mismos de modo que a un mismo inversor le sean conectados únicamente paneles con la misma orientación.

La distribución por inversor será de 11 cadenas en paralelo en las cuales se dispondrá de 26 paneles en serie. Cada una de las cadenas estará conectada a uno de los seguidores de máxima potencia (Tracker) de su inversor correspondiente.

De modo que la instalación quedará resumida de la siguiente forma:

| RESUMEN DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA | | |
|---|---|---|
| **Potencia total** | **493** | **kWp** |
| **Nº total de módulos** | **1430** | **uds** |
| **Grupo 1:** Inversor Blueplanet 92.0 TL3-INT | 138 | kWp |
| Nº total de módulos inversor 1 | 286 | uds |
| **Inversor 1:** Seguidor A | 130 | uds |
| Nº módulos en serie | 26.00 | uds |
| Nº ramales en paralelo | 5 | strings |
| **Inversor 1:** Seguidor B | 156 | uds |
| Nº módulos en serie | 26.00 | uds |
| Nº ramales en paralelo | 6 | strings |
| **Grupo 2:** Inversor Blueplanet 92.0 TL3-INT | 138 | kWp |
| Nº total de módulos inversor 1 | 286 | uds |
| **Inversor 2:** Seguidor A | 130 | uds |
| Nº módulos en serie | 26.00 | uds |
| Nº ramales en paralelo | 5 | strings |
| **Inversor 2:** Seguidor B | 156 | uds |
| Nº módulos en serie | 26.00 | uds |
| Nº ramales en paralelo | 6 | strings |
| **Grupo 3:** Inversor Blueplanet 92.0 TL3-INT | 138 | kWp |
| Nº total de módulos inversor 1 | 286 | uds |
| **Inversor 3:** Seguidor A | 130 | uds |
| Nº módulos en serie | 26.00 | uds |
| Nº ramales en paralelo | 5 | strings |
| **Inversor 3:** Seguidor B | 156 | uds |
| Nº módulos en serie | 26.00 | uds |
| Nº ramales en paralelo | 6 | strings |
| **Grupo 4:** Inversor Blueplanet 92.0 TL3-INT | 138 | kWp |
| Nº total de módulos inversor 1 | 286 | uds |
| **Inversor 4:** Seguidor A | 130 | uds |
| Nº módulos en serie | 26.00 | uds |
| Nº ramales en paralelo | 5 | strings |
| **Inversor 4:** Seguidor B | 156 | uds |
| Nº módulos en serie | 26.00 | uds |
| Nº ramales en paralelo | 6 | strings |
| **Grupo 5:** Inversor Blueplanet 92.0 TL3-INT | 138 | kWp |
| Nº total de módulos inversor 1 | 286 | uds |
| **Inversor 5:** Seguidor A | 130 | uds |
| Nº módulos en serie | 26.00 | uds |

| | | |
|---|---|---|
| Nº ramales en paralelo | 5 | strings |
| **Inversor 5:** Seguidor B | 156 | uds |
| Nº módulos en serie | 26.00 | uds |
| Nº ramales en paralelo | 6 | strings |

*Tabla 10. Resumen de la instalación fotovoltaica*

## 14. Cableado

En cuanto al dimensionado del cableado de la instalación, deberán cumplirse los criterios de máxima intensidad admisible y límite de caída de tensión que recoge la normativa vigente.

Se diferencian dos sectores principales a la hora del cálculo del cableado, ellos serán la sección de corriente continua, que abarcará aguas arriba del inversor, y la sección de corriente alterna, aguas abajo del mismo.

Toda instalación que se encarga de transformar la energía generada en energía eléctrica cumplirá con lo establecido en la *ITC -BT-40. Instalaciones generadoras de Baja Tensión.*

Se destaca que todos los cables de la instalación serán de cobre, el tipo de aislante que se ha seleccionado es el XLPE (Polietileno reticulado), por sus mejores características eléctricas y térmicas frente al PVC.

El tramo de corriente continua se encontrará sobre la superficie de cubierta, instalado en bandejas. El tramo 3 de corriente alterna que une inversor con caja de protecciones será del tipo F, Cables unipolares en contacto mutuo, Distancia a la pared no inferior a D. El tramo 4, será subterráneo desde la caja de protecciones hasta el cuadro general de baja tensión, ubicado al otro lado de la calle. Para este tipo de cable el aislante será también XLPE y se emplearán cables unipolares para cada una de las fases.

El tramo subterráneo de la instalación cumplirá con lo exigido en la *ITC-BT-07. Redes subterráneas para distribución en baja tensión.* Estos deberán estar protegidos contra la corrosión y tener una sección no inferior a 6 $mm^2$ si el conductor es de cobre.

El esquema que representa los diferentes tramos de la instalación se muestra en la siguiente figura:

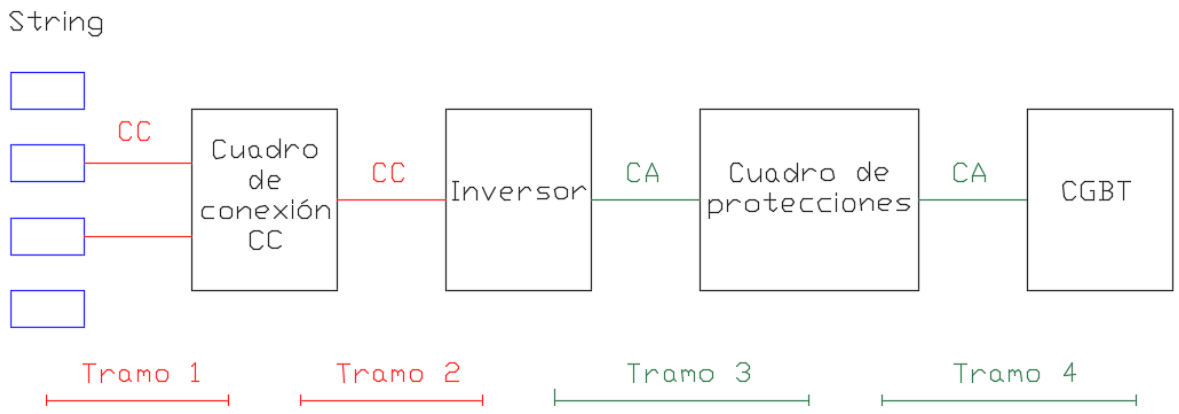



*Figura 11. Esquema de los tramos de cableado*

Resultando:

- Tramo 1, Se referirá al tramo de la instalación en Corriente Continua, desde la salida de los módulos agrupados en strings, hasta la caja de conexiones previa al inversor.
- Tramo 2, Abarcará el tramo, también de corriente continua que une la caja de conexiones con el inversor.
- Tramo 3, Tramo de corriente alterna, desde la salida de los inversores hasta el cuadro de protecciones que unirá las salidas de cada uno de ellos, el tramo será al aire libre.
- Tramo 4, Tramo de corriente alterna desde la salida del cuadro de protecciones hasta el centro de transformación, este tramo será en zanja subterránea y deberá cumplir con las condiciones que sean requeridas.

Para un mayor detalle de los tramos de la instalación, la información se recoge en el apartado "*PLANOS*".

### 14.1.Resumen de las secciones obtenidas

La justificación de los cálculos que se han llevado a cabo para determinar las secciones de cada tramo se encuentran en el anexo de cálculos de la instalación fotovoltaica.

A continuación, se adjunta la tabla resumen de las secciones obtenidas en cada tramo:

| Tramo estudiado | Sección seleccionada | Resultado |
|---|---|---|
| Tramo 1 | 2,5 $mm^2$ | 2x2,5 $mm^2$ por cada string |
| Tramo 2 | 35 $mm^2$ | 2x35 $mm^2$ por cada caja de conexiones |
| Tramo 3 | 95 $mm^2$ | 3x95 $mm^2$ + N de 1x50 $mm^2$ por cada inversor |
| Tramo 4 | 240 $mm^2$ | 3x3x240 $mm^2$ + N de 3x120 $mm^2$ de la caja de protecciones |

*Tabla 11. Secciones de cableado seleccionado*

## 15. Protecciones y puesta a tierra

La *ITC-BT-40, Instalaciones generadoras de baja tensión*, exige que se disponga de protecciones específicas para la instalación, de modo que se consiga reducir daños como consecuencia de defectos que sean internos o externos a ellos.

Los circuitos de salida de los equipos contarán con las protecciones que les sean necesarias.

Se diferenciarán las protecciones correspondientes al tramo de corriente continua y corriente alterna.

### 15.1.Aparamenta de Corriente Continua

Consistirán en la instalación de fusibles a la salida de cada uno de los strings y a la salida de la caja de conexiones. Correspondientes a los Tramos 1 y 2 representados en la "*Figura 11. Esquema de los tramos de cableado.*"

### 15.2.Aparamenta de Corriente Alterna

Se instalarán en los tramos 3 y 4, correspondientes a la entrada a lacaja de protecciones y a la entrada al cuadro general de baja tensión.

Se instalarán magnetotérmicos para la protección a sobreintensidades, de modo que evitará que en ningún momento se supere la corriente admisible del cable seleccionado.

Además, se va a instalar un equipo de protección para contactos directos que consistirá en un diferencial-residual cuyo valor asignado al funcionamiento no supere una corriente de 300 mA, el primero de ellos irá asociado al cuadro de proecciones de la instalación y el segundo al interruptor del cuadro general de baja tensión

### 15.3.Resumen de protecciones seleccionadas

A continuación, se recogen las condiciones que deberán cumplir las protecciones a instalar en los tramos de la instalación:

| Tramo | Tramo 1 | Tramo 2 | Tramo 3 | | Tramo 4 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Tipo de protección** | **Fusible y portafusible** | **Fusible y portafusible** | **Magnetotérmico 4 polos** | **Relé diferencial** | **Magnetotérmico 4 polos** | **Relé diferencial** |
| **Intensidad de uso** | 9,81 | 107,88 | 199,19 A | - | 712,09 | - |
| **Intensidad admisible por el cable** | 12,26 | 134,86 | 248,98 A | - | 890,11 | - |
| **Voltaje de trabajo** | 1206,4 | 107,88 | 400 v (trifásica) | 380-415 V | 400 v (trifásica) | 380-415 V |
| **Inensidad nominal seleccionada** | 10 A | 125 A | 220 A | Soportará 300 mA | 800 A | Soportará 300 mA |

*Tabla 12. Resumen de condiciones de protecciones*

### 15.4.Puesta a tierra

El REBT establece en su ITC-40 que la instalación generadora estará provista de sistemas de puesta a tierra que asegurará que las tensiones que se presentan en las masas metálicas de la instalación no superarán los valores establecidos en la norma MIE-RAT 13 del Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación.

Deberán ser las adecuadas para no producir transferencias de defectos a las instalaciones de la empresa.

La puesta a tierra deberá realizarse para cada uno de los tramos de la instalación, diferenciando entre los tramos de coriente continua y alterna. Obteniendo el número y longitud de cada una de las picas necesarias en función de la resistividad del terreno.

## 16. Estructura de fijación

Para la fijación de las placas fotovoltaicas a la estructura de la cubierta de la nave se opta por un sistema a de fijación metálico que se fija a la cubierta respetando la inclinación de la misma, de este modo se consigue aprovechar al máximo la superficie de la cubierta evitando la posibilidad de hacer sombra entre los paneles.

Los módulos fotovoltaicos irán fijados a una estructura metálica de aluminio diseñada para este fin, el sistema será de capacidad para 11 paneles y se fijará a la cubierta directamente mediante tornillos autorroscantes de acero inoxidable, agrupando conjuntos de 11 filas por 3 columnas y con una separación entre agrupaciones de medio metro, también con separaciones de 0,5 y 1 metro con los aleros. Estas separaciones facilitarán las operaciones de mantenimiento que se llevarán a cabo en la instalación.

*Figura 12. Estructura de fijación*

## 17. Sistema de monitorización y control

Uno de los componentes de gran importancia en la instalación fotovoltaica es el sistema de monitorización y control. Se trata de un sistema encargado de garantizar el control permitiendo en todo momento la gestión energética de la instalación en el que se instala.

Este sistema permite regular y controlar de una forma dinámica la potencia entregada por cada uno de los inversores, siempre en función de la demanda energética de la empresa.

Es de vital importancia la instalación de un sistema de monitorización y control puesto que, la instalación que se dimensiona, se acoge a la modalidad de autoconsumo conectada a red y sin excedentes. De este modo se consigue interactuar con el generador fotovoltaico y el consumo existente mediante un analizador de redes.

Su principio de funcionamiento se basa en la comunicación directa entre el analizador de redes, encargado de enviar los datos del consumo al dispositivo controlador, que se comunica enviando las órdenes de forma directa a los inversores para que sean ellos los que regulen dinámicamente la potencia entregada en función de los datos de consumo.

El esquema de componentes y la relación de comunicación que se da entre cada uno de ellos es la siguiente:


*Figura 13. Esquema del sistema de monitorización y control*

Los componentes principales son:

- Analizador de redes: Dispositivo que permite medir los consumos energéticos existentes, y los trasmite al sistema de control de forma directa.
- Sistema de control: Dispositivo que adquiere los datos del sistema y se encarga de regular el autoconsumo mediante ethernet, comunicación RS485 o el sistema que mejor se adapte al tipo de instalación.
- Otros componentes como el Router para agilizar la comunicación de la información, un sistema seguridad que permite desconectar los inversores en el caso de existir alguna incidencia.

## 18. Dimensionado de la estructura metálica

El Objeto de este apartado es el dimensionado de una estructura metálica cuyo único cerramiento se encontrará en la cubierta y que, será capaz de soportar la instalación solar fotovoltaica dimensionada en el apartado "*Diseño de la instalación solar fotovoltaica*".

La estructura va a resultar ser el conjunto de dos naves, adosadas, a dos aguas, de este modo se va a conseguir reducir la luz total a la mitad, lo que va a garantizar una mayor seguridad y resistencia contando con perfiles de menores dimensiones.

En cuanto a la cubierta, a dos aguas, va a tener una inclinación de 5º, y el material a emplear será chapa grecada de acero.

Puesto que se desea un espacio diáfano se va a evitar el arriostramiento mediante cruces de san Andrés en los pórticos de fachada frontal y trasera. Contando únicamente con la viga a contra viento y las CSA en el punto medio de la cubierta.

Antes de comenzar con el cálculo de la estructura se ha predimensionado la misma, estudiando la inclinación de cubierta que mejor se adapte a las necesidades de la empresa y que cumpla con las restricciones exigidas en el P.G.O.U y que además fuera capaz de soportar la sobrecarga de la instalación fotovoltaica dimensionada y actividades de mantenimiento que esta requiera.

Por otro lado, uno de los factores importantes a estudiar es la acción del viento en el conjunto, este va a ser considerado como una marquesina y así será tratado para cumplir con lo exigido en el Código Técnico de la Edificación.

Las características estéticas de la nave serán las que se grafían en el apartado "*PLANOS*".

## 18.1.Materiales a emplear

En cuanto a las características de los materiales, se diferenciarán entre los materiales empleados para los componentes estructurales y los que definen los cerramientos, las placas de anclaje y la cimentación. Teniendo así:

### *18.1.1. Estructura*

Para la estructura metálica va a emplearse como material el acero, un material compuesto principalmente por hierro y cualquier otro elemento de tipo simple, generalmente su contenido en carbono inferior al 2%. Además, para un uso destinado a estructuras los porcentajes serán de alrededor de un 0,25% C y un 1,6% Mn.

Se trata de un material muy utilizado en la construcción de estructuras metálicas que es capaz de soportar las sobrecargas existentes en la estructura.

Para el caso objeto de estudio va a emplearse, acero laminado S275 en la perfilería, y los tirantes, para las correas se empleará el acero conformado el frío S235 y para las uniones, los pernos en las placas de anclaje y el armado de la cimentación el acero a emplear será el B500-S.

Se destacan las siguientes propiedades para cada uno de los aceros a emplear en el proyecto:

| Propiedad | B500-S | S235 | S275 |
|---|---|---|---|
| **Densidad** | 78.50 kN/m$^3$ | 78.50 kN/m$^3$ | 78.50 kN/m$^3$ |
| **Módulo de elasticidad** | $2.1 \cdot 10^8$ kN/m$^2$ | $2.1 \cdot 10^8$ kN/m$^2$ | $2.1 \cdot 10^8$ kN/m$^2$ |
| **Límite elástico** | 500 MPa | 235 MPa | 275 MPa |
| **Coeficiente de Poisson** | 0,3 | 0,3 | 0,3 |

*Tabla 13. Propiedades de los aceros a emplear en la estructura*

### *18.1.2. Cerramientos:*

#### *18.1.2.1.Cerramientos laterales*

En cuanto a los cerramientos laterales, la estructura dimensionada no a va contar con este tipo de cerramientos, esto es debido al uso que va a darse a la instalación, puesto que va a destinarse al almacenamiento de palets y que la empresa así lo desea, es necesario que pueda accederse al interior por cualquiera de las aperturas laterales.

#### *18.1.2.2.Cerramientos de Cubierta*

El término cubierta es empleado para referirse al conjunto de elementos que constituyen el cerramiento superior de un edificio y que están comprendidos entre la superficie inferior del último techo y el acabado en contacto con el ambiente exterior.

Constituye un sistema constructivo y tiene funciones estructurales, de modo que debe generar y asegurar la estabilidad y resistencia mecánica exigidas, y constructivas, protegiendo el edificio en cuanto a estanqueidad, protección de incendios y aislamientos térmico y acústico.

El material seleccionado deberá garantizar la resistencia y seguridad suficientes para soportar la sobrecarga de la instalación solar fotovoltaica y futuros mantenimientos.

Para el cerramiento de cubierta se empleará panel de chapa grecada, canto 80 mm, de acero 0.8 mm de espesor y peso por unidad de superficie a considerar de 0.12 kN/m$^2$ según el CTE.

*Figura 14. Chapa Grecada Cubierta*

Se trata por tanto de un material ligero y resistente, capaz de soportar la sobrecarga existente debido a la instalación solar fotovoltaica que va a instalarse en cubierta.

### *18.1.3. Cimentación*

La cimentación es la encargada de repartir las cargas de la estructura en el plano de apoyo horizontal, transmitiendo al terreno las cargas de los pilares.

El material empleado para la cimentación es el hormigón, este es un material pétreo que se obtiene de una mezcla proporcional de cemento, agua, aditivos, áridos y adiciones. Su principal característica estructural es que resiste muy bien los esfuerzos a compresión, pero al mismo tiempo su comportamiento a tracción no presenta buen comportamiento, es por este motivo por el cual se emplea una armadura de acero en su interior, con el fin de garantizar un buen funcionamiento para ambos tipos de esfuerzo. Dando lugar al hormigón armado.

Se selecciona para el caso de este proyecto el hormigón armado HA-25, el cual recoge las siguientes características:

| **Propiedad** | **HA-25** |
|---|---|
| **Densidad** | 2500 kN/m$^3$ |
| **Resistencia característica** | 25 MPa |

*Tabla 14. Propiedades de hormigón armado HA-25*

### *18.1.4. Resumen de materiales a emplear*

| MATERIAL | USO DESTINADO |
|---|---|
| **Chapa Grecada canto 80 mm, de acero 0.8 mm** | Cubierta |
| **Acero Laminado S275** | Perfiles, CVC y CSA |
| **Acero Conformado S235** | Correas |
| **Acero B500-S** | Uniones, pernos y placas de anclaje |
| **Hormigón Armado HA-25** | Cimentación |

*Tabla 15. Resumen de materiales a emplear en la estructura*

## 19. Estudio de la estructura diseñada

Como se ha comentado en puntos anteriores, es importante configurar la disposición e inclinación adecuadas para conseguir que la producción energética de la instalación fotovoltaica sea la requerida.

Deben considerarse tres aspectos principales antes de comenzar con el prediseñado de la estructura.

1. Puesto que se trata de un espacio destinado al almacenamiento de palets y europalets en el que el flujo de circulación de transpaletas y carretillas elevadoras va a ser constante, se busca conseguir un espacio lo más diáfano posible.
2. El siguiente de los aspectos a considerar es la capacidad de la estructura para garantizar estabilidad y seguridad para ser capaz de soportar el peso de la instalación solar fotovoltaica.
3. El tercer aspecto, la inclinación de la cubierta para garantizar la captación de la irradiancia necesaria en la superficie de los módulos solares y cumpliendo con la estabilidad y seguridad estructural, respetando las exigencias del plan general de ordenación urbana de la localidad.

De entrada, puesto que las dimensiones de la nave son de elevada magnitud se descarta el diseño de una estructura de luz 46 m, las condiciones para garantizar estabilidad y resistencia de la misma implicarían tener un número elevado de pilares o perfiles de grandes dimensiones además de tener más complicaciones a la hora de cumplir con la seguridad en la estructura.

Se parte, por este motivo, de la disposición de dos naves adosadas cuya luz es de menor magnitud, arriostrando mediante un sistema a contra viento y Cruces de San Andrés en las fachadas laterales.
Además, la situación que nos concierne, tendrá una cubierta del tipo transitable accesible únicamente para conservación que sea a su vez capaz de soportar el peso equivalente a la instalación solar fotovoltaica diseñada.

Al tratarse de una nave diáfana que cuenta únicamente con los pilares laterales y centrales y con cerramiento de cubierta, el área total de los huecos laterales excede el 30% del área total del lado considerado por lo que la acción del viento será calculada como si se tratase de una marquesina a dos aguas, tal y como especifica el

Anejo D.3 CTE DB SE-AE, y así debe considerarse en el cálculo del "*Anexo II. Cálculo de la estructura metálica.*"

En cuanto al peso propio y sobrecarga de uso, el CTE diferencia para Cubiertas accesibles únicamente para conservación (caso de mantenimiento también de los paneles solares) se tienen las siguientes subcategorías de uso:

- Con inclinación inferior a 20º.
- Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado).
- Cubiertas con inclinación superior a 40º.

Además de otros casos especiales,

- Plana: se descarta debido a la ineficiencia de los paneles solares.
- Singular: cubierta formada por planos no rectos, incluyendo así curvaturas y saliendo de lo buscado.

Concluyendo entonces que la cubierta de la estructura va a caracterizarse como tipo G, en concreto del tipo "*G1: Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento. No concomitante con el resto de acciones variables*" y con una inclinación de 5º. Y ligeras sobre correas (sin forjado).

Se propone el siguiente diseño de la estructura metálica, dimensionado siguiendo los criterios establecidos por la empresa a la que se destina.

### 19.1.Naves adosadas a dos aguas. Inclinación de cubierta de 5°.

Siguiendo con lo exigido en el P.G.O.U de la localidad de Onda se estudia la posibilidad de la construcción de una nave cuya cubierta presente una inclinación de 5º.

Los valores que caracterizan la configuración de la estructura se recogen en la siguiente tabla:

| Estructura propuesta | |
|---|---|
| **Luz** | 23.00 m |
| **Número de naves adosadas** | 2 m |
| **Lateral naves** | 75 m |
| **Altura hasta cabeza de pilar** | 6.50 m |
| **Inclinación** | 5.00 º |
| **Cubierta** | 1.01 m |
| **Altura cumbrera** | 7.51 m |
| **Superficie edificada** | 3.450 $m^2$ |
| **Superficie de cubierta** | 3.463 $m^2$ |
| **Volumetría** | 6.75 $m^3/m^2$ |
| **Número de paneles en cubierta** | 1.430 uds |

*Tabla 16. Características de la estructura metálica propuesta*

Se plantea entonces, el diseño de dos naves adosadas, cada una de ellas presenta una luz de 23 m y un total de 15 vanos con una crujía de 5 m cada uno, teniendo como resultado un largo de 75 m de nave. La estructura planteada tiene una altura de 6,5 m y con la inclinación de la cubierta consigue obtener una altura hasta cumbrera de 7,51 m.

La superficie total de cubierta es de 3.463 $m^2$, lo que permite, respetando una superficie destinada a huecos de pasillos para mantenimiento y cableado, la instalación de un total de 1.430 módulos fotovoltaicos integrados en la cubierta. Se consigue la producción energética que se estima adecuada para evitar excedentes.

## 20. Resultado final de la estructura

A continuación, se concretan los elementos seleccionados para la definición final de la estructura metálica.

### 20.1.Correas

Las correas existentes en la estructura serán las definidas para arriostrar el cerramiento de cubierta. Los perfiles de correas que se han seleccionado son del tipo conformado en frío, CF-225x2.5 de material S235 y se dispondrán cada 1.5 m.

**Perfil: CF-225x2.5**
**Material: S235**


| Nudos | | Longitud (m) | Características mecánicas | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Inicial | Final | | Área (cm²) | $I_u$ (1) (cm4) | $I_v$ (1) (cm4) | $I_t$ (2) (cm4) | $y_G$ (3) (mm) | $z_G$ (3) (mm) |
| 22.253, 0.000, 6.566 | 22.253, 5.000, 6.566 | 5.000 | 10.46 | 806.27 | 90.72 | 0.22 | -16.21 | 0.00 |

*Notas:*
(1) *Inercia respecto al eje indicado*
(2) *Momento de inercia a torsión uniforme*
(3) *Coordenadas del centro de gravedad*

| | Pandeo | | Pandeo lateral | |
|---|---|---|---|---|
| | Plano XY | Plano XZ | Ala sup. | Ala inf. |
| β | 0.00 | 1.00 | 0.00 | 0.00 |
| $L_K$ | 0.000 | 5.000 | 0.000 | 0.000 |
| $C_1$ | - | | 1.000 | |

*Notación:*
*β: Coeficiente de pandeo*
*$L_K$: Longitud de pandeo (m)*
*$C_1$: Factor de modificación para el momento crítico*

*Figura 15. Correas de cubierta seleccionadas*

## 20.2.Pórtico de Fachada

El pórtico de fachada no dispondrá de pilares hastiales puesto que se busca un espacio diáfano, ni tampoco de CSA para el arriostramiento en el pórtico de fachada.

Los perfiles empleados serán de tipo IPE de perfil simple y, tanto en los pilares como en la jácena contendrán cartelas de 2 m para reforzar.

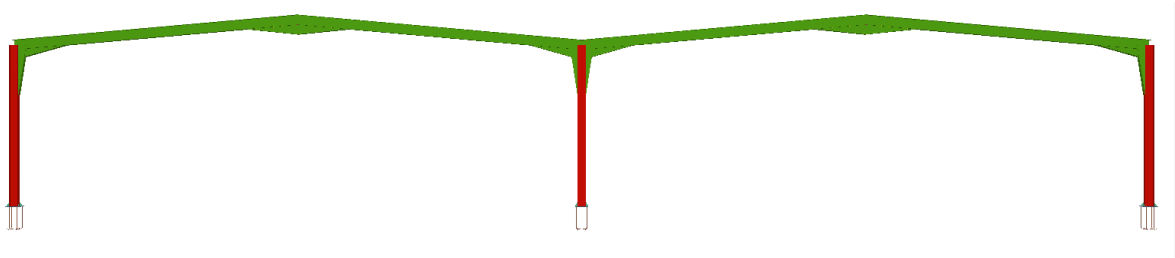
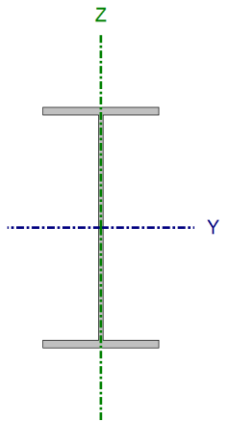


*Figura 16. Pórtico de Fachada*

Los perfiles seleccionados para cada uno de los elementos que forman el pórtico de fachada son:

- Pilar pórtico de fachada, del tipo IPE330 simple con cartelas de 2 m en la parte superior de unión con la jácena.

**Perfil: IPE 330, Simple con cartelas (Cartela final superior: 2.00 m.)**
**Material: Acero (S275)**




| Nudos | | Longitud (m) | Características mecánicas(1) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Inicial | Final | | Área (cm²) | $I_y$(2) (cm4) | $I_z$(2) (cm4) | $I_t$(3) (cm4) |
| N121 | N122 | 6.500 | 62.60 | 11770.00 | 788.00 | 28.20 |

*Notas:*
*(1) Las características mecánicas y el dibujo mostrados corresponden a la sección inicial del perfil (N121)*
*(2) Inercia respecto al eje indicado*
*(3) Momento de inercia a torsión uniforme*

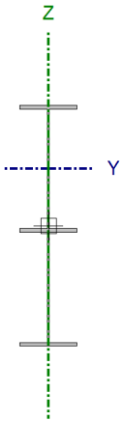
| | Pandeo | | Pandeo lateral | |
|---|---|---|---|---|
| | Plano XY | Plano XZ | Ala sup. | Ala inf. |
| $\beta$ | 0.70 | 0.70 | 0.00 | 0.00 |
| $L_K$ | 4.550 | 4.550 | 0.000 | 0.000 |
| $C_m$ | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| $C_1$ | - | | 1.000 | |

*Notación:*
*$\beta$: Coeficiente de pandeo*
*$L_K$: Longitud de pandeo (m)*
*$C_m$: Coeficiente de momentos*
*$C_1$: Factor de modificación para el momento crítico*

*Figura 17. Perfil seleccionado para el Pilar de Pórtico de fachada*

- Jácena pórtico de fachada, tipo IPE 400 simple con cartelas de 2 m en ambos extremos de la jácena.

**Perfil: IPE 400, Simple con cartelas (Cartela inicial inferior: 2.00 m. Cartela final inferior: 2.00 m.)**
**Material: Acero (S275)**




| Nudos | | Longitud (m) | Características mecánicas(1) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Inicial | Final | | Área (cm²) | $I_y$(2) (cm4) | $I_z$(2) (cm4) | $I_t$(3) (cm4) | $y_g$(4) (mm) | $z_g$(4) (mm) |
| N122 | N132 | 5.750 | 138.25 | 97266.17 | 1975.92 | 73.12 | 0.00 | 177.99 |

*Notas:*
*(1) Las características mecánicas y el dibujo mostrados corresponden a la sección inicial del perfil (N122)*
*(2) Inercia respecto al eje indicado*
*(3) Momento de inercia a torsión uniforme*
*(4) Coordenadas del centro de gravedad*

| | Pandeo | | Pandeo lateral | |
|---|---|---|---|---|
| | Plano XY | Plano XZ | Ala sup. | Ala inf. |
| β | 0.00 | 1.00 | 0.00 | 0.00 |
| $L_K$ | 0.000 | 5.750 | 0.000 | 0.000 |
| $C_m$ | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| $C_1$ | - | | 1.000 | |

*Notación:*
*β: Coeficiente de pandeo*
*$L_K$: Longitud de pandeo (m)*
*$C_m$: Coeficiente de momentos*
*$C_1$: Factor de modificación para el momento crítico*

*Figura 18. Perfil seleccionado para la jácena de Pórtico de fachada*

## 20.3.Pórtico Interior

La configuración de los pórticos interiores de la nave será de perfiles IPE simples acartelalados para reforzar la estructura.

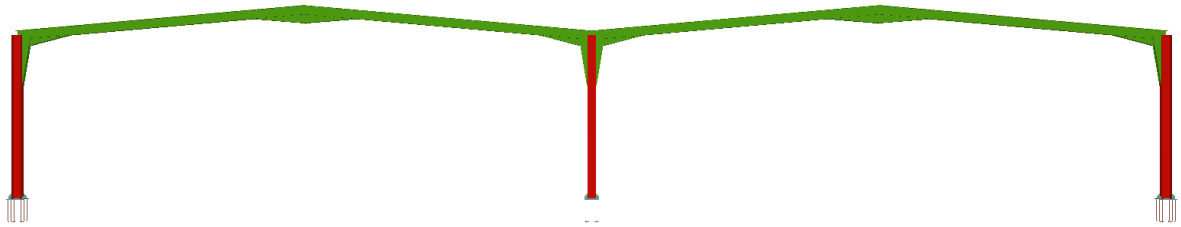
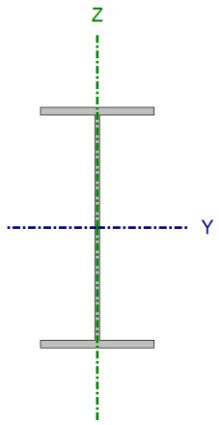


*Figura 19. Pórtico interior*

- Perfil de pórtico interior del tipo IPE 360, simple con cartelas de 2 m en la parte superior de unión con la jácena.

**Perfil: IPE 360, Simple con cartelas (Cartela final superior: 2.00 m.)**
**Material: Acero (S275)**




| Nudos | | Longitud (m) | Características mecánicas(1) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Inicial | Final | | Área (cm²) | $I_y$(2) (cm4) | $I_z$(2) (cm4) | $I_t$(3) (cm4) |
| N89 | N90 | 6.500 | 72.70 | 16270.00 | 1043.00 | 37.30 |

*Notas:*
*(1) Las características mecánicas y el dibujo mostrados corresponden a la sección inicial del perfil (N89)*
*(2) Inercia respecto al eje indicado*
*(3) Momento de inercia a torsión uniforme*

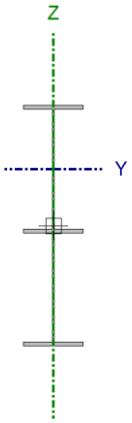
| | Pandeo | | Pandeo lateral | |
|---|---|---|---|---|
| | Plano XY | Plano XZ | Ala sup. | Ala inf. |
| β | 0.70 | 1.40 | 0.00 | 0.00 |
| $L_K$ | 4.550 | 9.100 | 0.000 | 0.000 |
| $C_m$ | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| $C_1$ | - | | 1.000 | |

*Notación:*
*β: Coeficiente de pandeo*
*$L_K$: Longitud de pandeo (m)*
*$C_m$: Coeficiente de momentos*
*$C_1$: Factor de modificación para el momento crítico*

*Figura 20. Perfil seleccionado para el Pilar de Pórtico interior*

- Jácena del pórtico interior, del tipo IPE 360 simple y con cartelas en cada uno de los extremos de la misma.

**Perfil: IPE 360, Simple con cartelas (Cartela inicial inferior: 2.00 m. Cartela final inferior: 2.00 m.)**
**Material: Acero (S275)**




| Nudos | | Longitud (m) | Características mecánicas(1) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Inicial | Final | | Área (cm²) | $I_y$(2) (cm4) | $I_z$(2) (cm4) | $I_t$(3) (cm4) | $y_g$(4) (mm) | $z_g$(4) (mm) |
| N90 | N142 | 5.750 | 118.67 | 67686.87 | 1564.26 | 54.11 | 0.00 | 158.75 |

*Notas:*
*(1) Las características mecánicas y el dibujo mostrados corresponden a la sección inicial del perfil (N90)*
*(2) Inercia respecto al eje indicado*
*(3) Momento de inercia a torsión uniforme*
*(4) Coordenadas del centro de gravedad*

| | Pandeo | | Pandeo lateral | |
|---|---|---|---|---|
| | Plano XY | Plano XZ | Ala sup. | Ala inf. |
| β | 0.00 | 1.00 | 0.00 | 0.00 |
| $L_K$ | 0.000 | 5.750 | 0.000 | 0.000 |
| $C_m$ | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| $C_1$ | - | | 1.000 | |

*Notación:*
*β: Coeficiente de pandeo*
*$L_K$: Longitud de pandeo (m)*
*$C_m$: Coeficiente de momentos*
*$C_1$: Factor de modificación para el momento crítico*

*Figura 21. Perfil seleccionado para la jácena de Pórtico Interior*

## 20.4.Viga Contraviento

La Viga Contraviento VCV, se encuentra entre los pórticos de fachada y su siguiente consecutivo, estas se encargan de absorber las reacciones de succión generadas por el viento sobre la cubierta, tales como la flexión de las jácenas y la tracción en los pilares.

En la estructura que se diseña se dispone de dos vigas contraviento, para cada una de las fachadas existentes, ambas son vigas tipo Pratt con diagonales dobles, sus apoyos son simétricos.

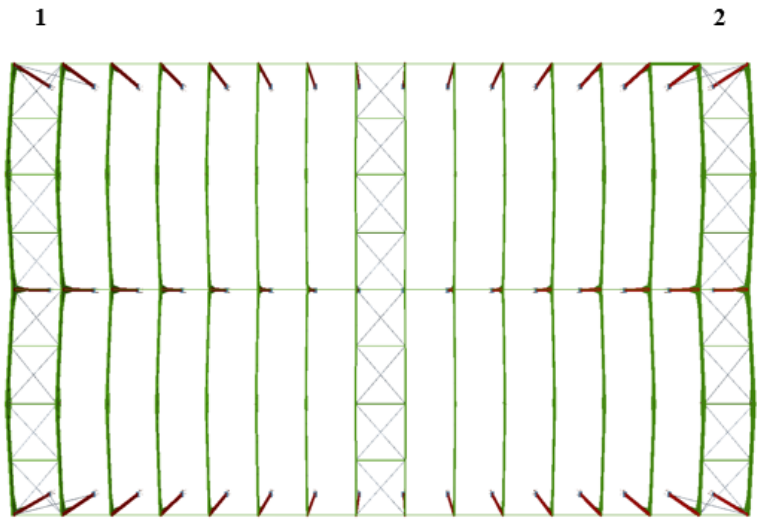
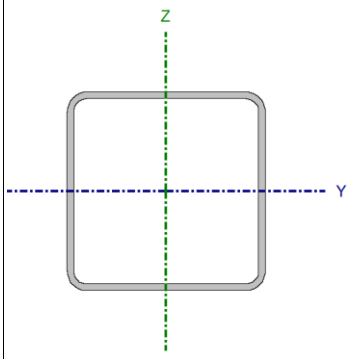



*Figura 22. Viga Contraviento*

Está compuesta por montantes y diagonales, para las barras de los montantes se emplea el tipo de perfil cuadrado hueco de 80x3 mientras que las barras de las diagonales serán tirantes redondos macizos de R10.

**Perfil: #80x3**
**Material: Acero (S275)**




| Nudos | | Longitud (m) | Características mecánicas | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Inicial | Final | | Área (cm²) | $I_y$(1) (cm4) | $I_z$(1) (cm4) | $I_t$(2) (cm4) |
| N131 | N132 | 5.000 | 8.90 | 85.92 | 85.92 | 140.54 |

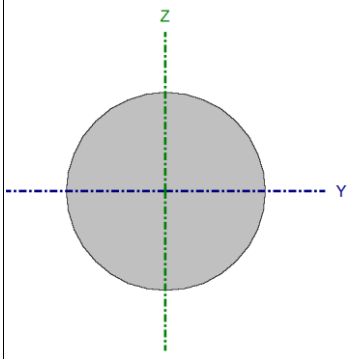
*Notas:*
*(1) Inercia respecto al eje indicado*
*(2) Momento de inercia a torsión uniforme*

| | Pandeo | | Pandeo lateral | |
|---|---|---|---|---|
| | Plano XY | Plano XZ | Ala sup. | Ala inf. |
| β | 1.00 | 1.00 | 0.00 | 0.00 |
| $L_K$ | 5.000 | 5.000 | 0.000 | 0.000 |
| $C_m$ | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| $C_1$ | - | | 1.000 | |

*Notación:*
*β: Coeficiente de pandeo*
*$L_K$: Longitud de pandeo (m)*
*$C_m$: Coeficiente de momentos*
*$C_1$: Factor de modificación para el momento crítico*

*Figura 23. Montante Viga Contraviento*

**Perfil: R 10**
**Material: Acero (S275)**




| Nudos | | Longitud (m) | Características mecánicas | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Inicial | Final | | Área (cm²) | $I_y$(1) (cm4) | $I_z$(1) (cm4) | $I_t$(2) (cm4) |
| N122 | N131 | 7.620 | 0.79 | 0.05 | 0.05 | 0.10 |

*Notas:*
*(1) Inercia respecto al eje indicado*
*(2) Momento de inercia a torsión uniforme*

| | Pandeo | | Pandeo lateral | |
|---|---|---|---|---|
| | Plano XY | Plano XZ | Ala sup. | Ala inf. |
| β | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| $L_K$ | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| $C_m$ | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| $C_1$ | - | | 1.000 | |

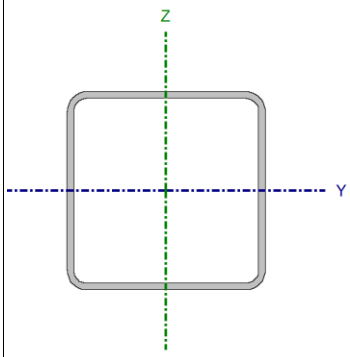
*Notación:*
*β: Coeficiente de pandeo*
*$L_K$: Longitud de pandeo (m)*
*$C_m$: Coeficiente de momentos*
*$C_1$: Factor de modificación para el momento crítico*

*Figura 24. Diagonal Viga Contraviento*

## 20.5.Viga perimetral

Los perfiles de las barras de la viga perimetral serán del tipo perfil cuadrado hueco de 80x3:

**Perfil: #80x3**
**Material: Acero (S275)**




| Nudos | | Longitud (m) | Características mecánicas | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Inicial | Final | | Área (cm²) | $I_y$(1) (cm4) | $I_z$(1) (cm4) | $I_t$(2) (cm4) |
| N90 | N98 | 5.000 | 8.90 | 85.92 | 85.92 | 140.54 |

*Notas:*
*(1) Inercia respecto al eje indicado*
*(2) Momento de inercia a torsión uniforme*

| | Pandeo | | Pandeo lateral | |
|---|---|---|---|---|
| | Plano XY | Plano XZ | Ala sup. | Ala inf. |
| β | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| $L_K$ | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| $C_m$ | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| $C_1$ | - | | 1.000 | |

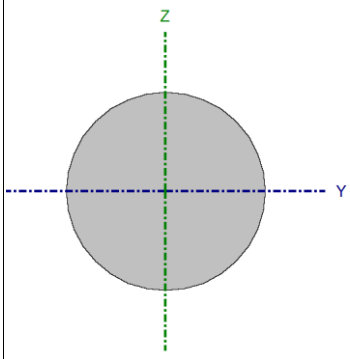
*Notación:*
*β: Coeficiente de pandeo*
*$L_K$: Longitud de pandeo (m)*
*$C_m$: Coeficiente de momentos*
*$C_1$: Factor de modificación para el momento crítico*

*Figura 25. Perfil seleccionado barra perimetral*

## 20.6.Sistemas de Arriostramiento Lateral y en cubierta

Para el arriostramiento en los laterales de la estructura va a emplearse el perfil redondo macizo con que actuará como tirante y será del tipo R10.

**Perfil: R 10**
**Material: Acero (S275)**




| Nudos | | Longitud (m) | Características mecánicas | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Inicial | Final | | Área (cm²) | $I_y$(1) (cm4) | $I_z$(1) (cm4) | $I_t$(2) (cm4) |
| N121 | N114 | 8.201 | 0.79 | 0.05 | 0.05 | 0.10 |

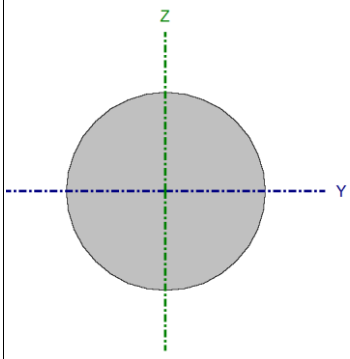
*Notas:*
*(1) Inercia respecto al eje indicado*
*(2) Momento de inercia a torsión uniforme*

| | Pandeo | | Pandeo lateral | |
|---|---|---|---|---|
| | Plano XY | Plano XZ | Ala sup. | Ala inf. |
| β | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| $L_K$ | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| $C_m$ | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| $C_1$ | - | | 1.000 | |

*Notación:*
*β: Coeficiente de pandeo*
*$L_K$: Longitud de pandeo (m)*
*$C_m$: Coeficiente de momentos*
*$C_1$: Factor de modificación para el momento crítico*

*Figura 26. Diagonal arriostramiento lateral*

**Perfil: R 10**
**Material: Acero (S275)**




| Nudos | | Longitud (m) | Características mecánicas | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Inicial | Final | | Área (cm²) | $I_y$(1) (cm4) | $I_z$(1) (cm4) | $I_t$(2) (cm4) |
| N122 | N131 | 7.620 | 0.79 | 0.05 | 0.05 | 0.10 |

*Notas:*
*(1) Inercia respecto al eje indicado*
*(2) Momento de inercia a torsión uniforme*

| | Pandeo | | Pandeo lateral | |
|---|---|---|---|---|
| | Plano XY | Plano XZ | Ala sup. | Ala inf. |
| β | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| $L_K$ | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| $C_m$ | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| $C_1$ | - | | 1.000 | |

*Notación:*
*β: Coeficiente de pandeo*
*$L_K$: Longitud de pandeo (m)*
*$C_m$: Coeficiente de momentos*
*$C_1$: Factor de modificación para el momento crítico*

*Figura 27. Diagonal arriostramiento en cubierta*

## 20.7.Placas de anclaje resultantes

En los resultados de las placas de anclaje dimensionadas se diferencian dos tipos, las placas de anclaje que corresponden a los pórticos interiores y las placas de anclaje de los pórticos de fachada.

Los resultados se muestran en las siguientes figuras:

- Placa de anclaje pilar Pórtico interior:

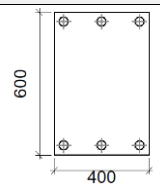
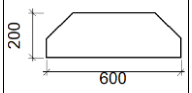
| Elementos complementarios | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Pieza | Geometría | | | | Taladros | | | | Acero | | |
| | Esquema | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Cantidad | Diámetro exterior (mm) | Diámetro interior (mm) | Bisel (mm) | Tipo | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Placa base |   | 400 | 600 | 22 | 6 | 42 | 22 | 11 | S275 | 275.0 | 410.0 |
| Rigidizador |   | 600 | 200 | 9 | - | - | - | - | S275 | 275.0 | 410.0 |

*Figura 28. Dimensiones Placa de anclaje pilar pórtico interior*

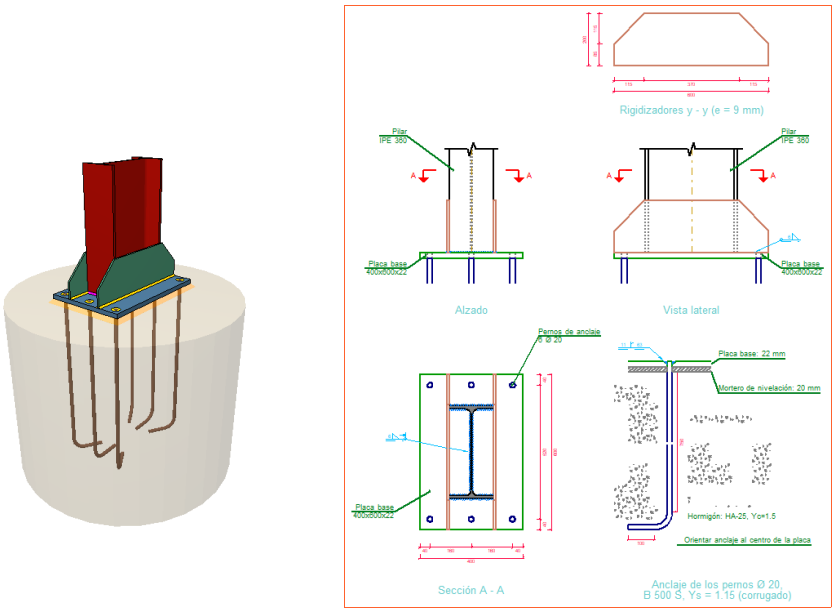



*Figura 29. Placas de anclaje Pórtico interior*

- Placa de anclaje pilar Pórtico fachada:

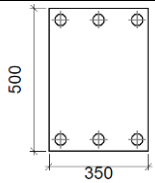
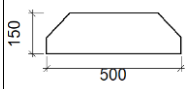
| Elementos complementarios | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Pieza | Geometría | | | | Taladros | | | | Acero | | |
| | Esquema | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Cantidad | Diámetro exterior (mm) | Diámetro interior (mm) | Bisel (mm) | Tipo | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Placa base |   | 350 | 500 | 22 | 6 | 42 | 22 | 11 | S275 | 275.0 | 410.0 |
| Rigidizador |   | 500 | 150 | 6 | - | - | - | - | S275 | 275.0 | 410.0 |

*Figura 30. Dimensiones  Placa de anclaje pilar pórtico de fachada*

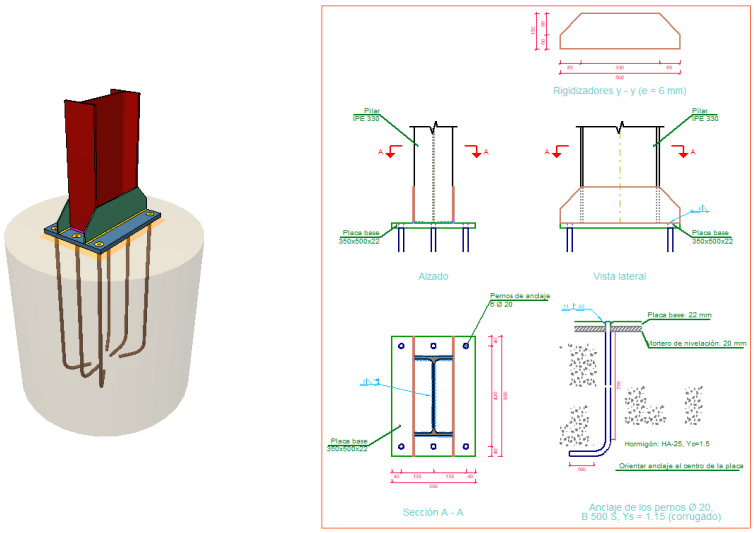



*Figura 31. Placas de anclaje Pórtico de fachada*

## 20.8.Cimentaciones

En cuanto a las zapatas empleadas, se diferenciarán tres tipos diferentes, diferenciando entre los pilares de las esquinas de los pórticos, los pilares exteriores de los pórticos interiores y los pilares centrales de la nave.

Se obtienen los siguientes resultados:

- Pilares de esquina: Se dimensiona zapata centrada cuadrada.

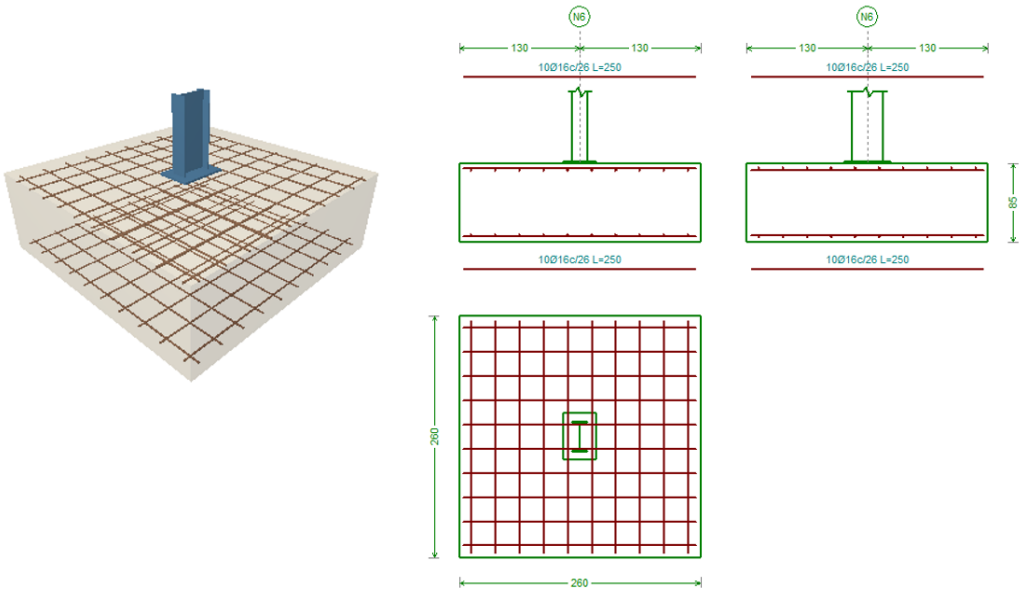



*Figura 32. Zapata centrada. Pilares de esquinas*

- Pilares exteriores de los pórticos interiores: Se dimensionan zapatas rectangulares del tipo excéntrica.

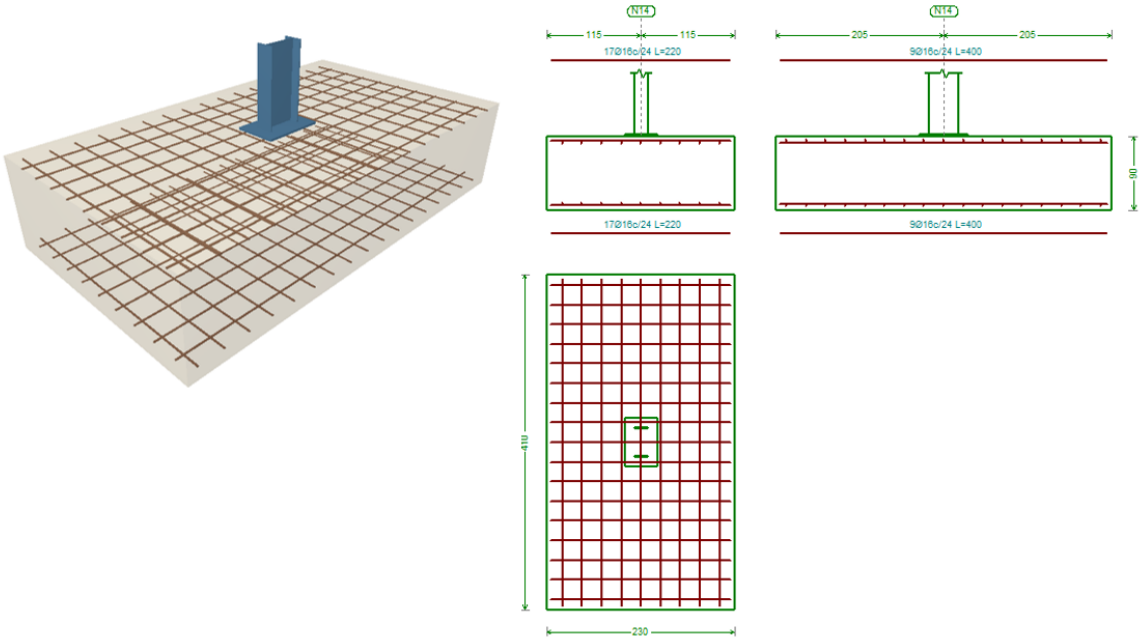



*Figura 33. Zapata Rectangular excéntrica. Pilares exteriores de los pórticos interiores*

- Pilares centrales: Se dimensionan zapatas del tipo rectangular centrada.

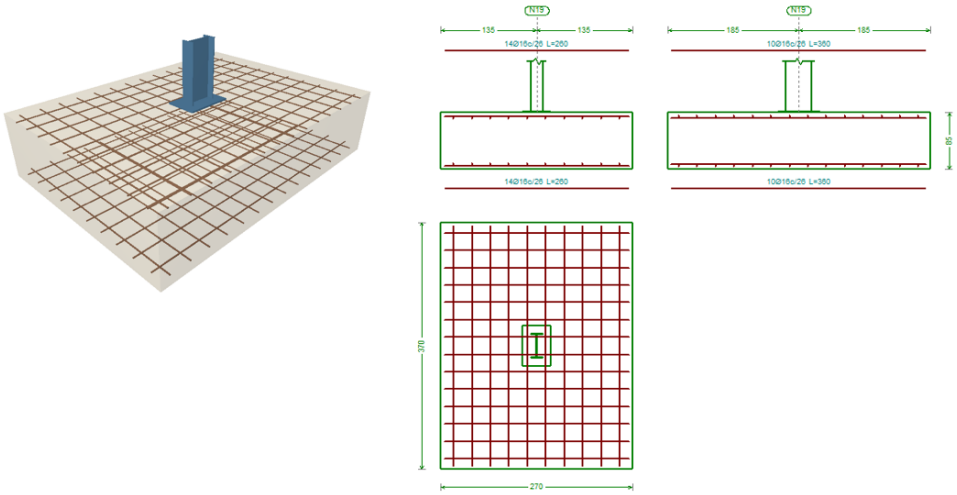



*Figura 34. Zapata Rectangular excéntrica. Pilares exteriores de los pórticos interiores*

## 20.9.Estructura completa

A partir de los cálculos de dimensionado que se encuentran en el "*Anexo II. Cálculo de la estructura metálica"* se obtiene como resultado una estructura metálica con 16 pórticos de perfiles simples acartelados, arriostrada en los laterales de los pórticos de fachada y cada una de las cubiertas de fachada la disposición de una viga contra viento de tipo Pratt capaz de garantizar el cumplimiento de las comprobaciones.

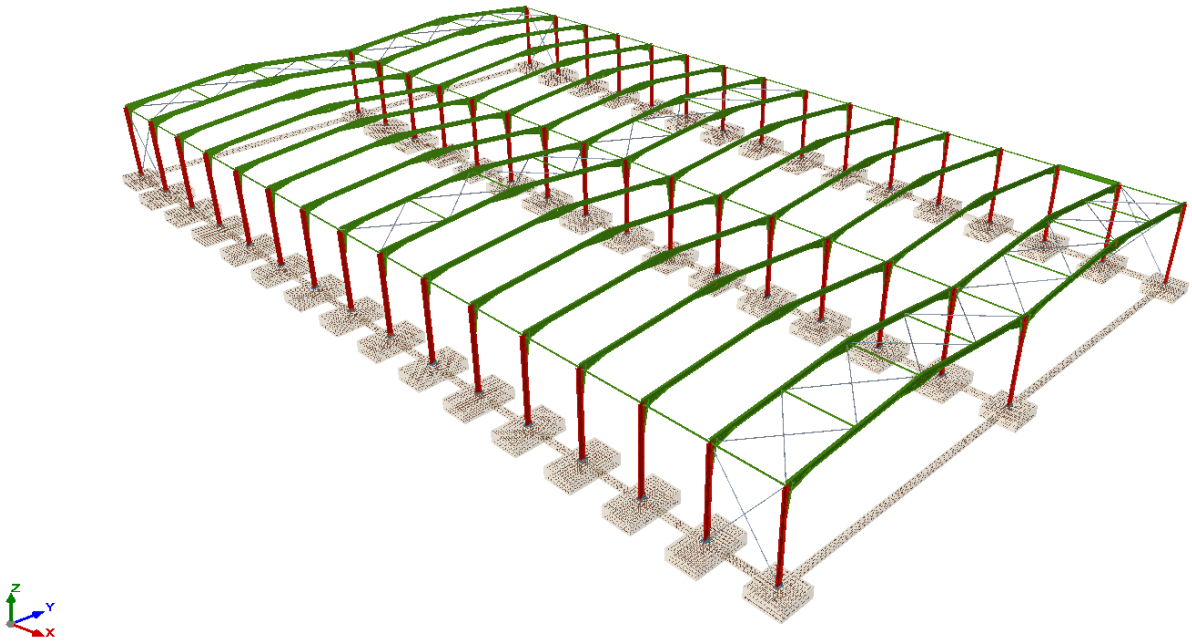



*Figura 35. Estructura completamente definida*

# II. ANEXOS A LA MEMORIA DESCRIPTIVA.

# ANEXO I. DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA

ÍNDICE

El siguiente anexo recoge los cálculos justificativos llevados a cabo para el dimensionado de cada uno de los elementos de la instalación fotovoltaica.

## 1. Dimensionado de la instalación

A continuación, se desarrollan los cálculos efectuados para obtener el número total de módulos solares a instalar en la cubierta de la nave, así como su disposición. Al tratarse de una cubierta de dos naves adosadas a dos aguas se diferenciarán dos orientaciones diferentes de módulos solares.

También se justificarán el número de inversores seleccionado y la comprobación requerida para garantizar su correcto funcionamiento, y la configuración de cada uno de los strings que llega a cada inversor.

La superficie total de la que se dispone para la instalación de los módulos es de 3.463 $m^2$, respetando que aproximadamente de una sexta parte de la cubierta deberán ser pasillos y zonas de paso para cableado, se tiene una superficie total útil para paneles de 2.963$m^2$, consiguiendo la instalación de 1.430 módulos integrados arquitectónicamente en la cubierta. Esto supone la instalación de un total de 493 kWp.

## 2. Dimensionado del generador fotovoltaico

Este apartado va a recoger los criterios tomados a la hora del dimensionado del generador fotovoltaico.

Los criterios del dimensionado son el espacio reducido para la instalación, puesto que no se dispone de más que la cubierta de la estructura, el generador deberá adaptarse a esta limitación y la no producción de excedentes a la hora de generar energía solar entre otros.

Las limitaciones del espacio en la cubierta nos obligan a reducir a 500 kWp el límite de potencia a instalar, se van a desarrollar los cálculos realizados.

### 2.1. Número de módulos solares fotovoltaicos y de inversores.

Para comenzar se debe aclarar que se tiene que todos los módulos de la instalación serán de las mismas características técnicas. Se recogen en la siguiente tabla:

| Especificaciones del módulo | |
|---|---|
| **$P_{max}$ (Wp)** | 345 |
| **Vmp (V)** | 37,70 |
| **Imp (A)** | 9,15 |
| **Voc (V)** | 46,4 |
| **Isc (A)** | 9,62 |
| **TONC (˚C)** | 41 |
| **Pmax coef (%/˚C)** | -0,38 |
| **Voc coef (%/˚C)** | -0,31 |
| **Isc coef (%/˚C)** | 0,050 |
| **Eficiencia del módulo** | 17,50% |

*Tabla 17. Características técnicas del módulo*

| Características técnicas del módulo | |
|---|---|
| **Peso(kg)** | **22,8** |
| **Largo(mm)** | **2024** |
| **Ancho(mm)** | **1004** |
| **Superficie(m2)** | **2,03** |
| **Espesor (mm)** | **35** |
| **Tipo de célula** | **144 células(6x24)** |
| **Caja de conexiones** | **IP 68 rated** |

*Tabla 18. Especificaciones del módulo*

También será empleado un único modelo de inversor, las características técnicas se recogen en la siguiente tabla:

| Especificaciones del inversor | |
|---|---|
| **Pnom (kVA)** | 92 |
| **Pmax (KWp)** | 138 |
| **Eficencia maxima** | 98.80% |
| **Vmpp,max (V)** | 1300 |
| **Vmpp,min (V)** | 591 |
| **Vmax (V)** | 1500 |
| **Imax (A)** | 160 |

*Tabla 19. Características técnicas del inversor*

Para proceder al cálculo del número de módulos de la instalación es necesario conocer los valores de temperaturas máxima y mínima de lugar que se estudia, así como los valores de la irradiancia máxima y mínima. Concretamente, se han seleccionado valores extremos de verano e invierno que en Onda son los siguientes:

| **Datos inverno y verano** | |
|---|---|
| **T amb, max (°C)** | 41 |
| **T amb, min (°C)** | -4 |
| **Tamb (°C)** | 20 |
| **Irmax (W/m²)** | 892 |
| **Irmin (W/m²)** | 624 |

*Tabla 20. Datos de temperaturas e irradiancia*

A partir de estos valores se obtienen los valores de temperatura máxima y mínima que alcanzará el panel durante su funcionamiento,

$$T_{panel,max} = T_{amb,max} + I_{r,max} \cdot \frac{TONC - T_{amb}}{800} \quad (°C) \quad (1)$$

$$\boldsymbol{T_{panel,max} = 41 + 892 \cdot \frac{41 - 20}{800} = 64,02 \ (°C)}$$

$$T_{panel,min} = T_{amb,min} + I_{r,min} \cdot \frac{TONC - T_{amb}}{800} \quad (°C) \quad (2)$$

$$\boldsymbol{T_{panel,min} = (-4) + 624 \cdot \frac{41 - 20}{800} = 11,98 \ (°C)}$$

Las potencias máxima y mínima de funcionamiento:

$$P_{mp,max} = P_{max} \cdot \left(1 - \frac{P_{\max coef}}{100} \cdot \left( T_{panel,max} - 25\,°C\right)\right) \quad (W) \quad (3)$$

$$\boldsymbol{P_{mp,max} = 345 \cdot \left(1 - \frac{(-0.38)}{100} \cdot \left( 64,02 - 25\,°C\right)\right) = 396,15 \ (W)}$$

$$P_{mp,min} = P_{max} \cdot \left(1 - \frac{P_{\max coef}}{100} \cdot \left( T_{panel,min} - 25\,°C\right)\right) \quad (W) \quad (4)$$

$$\boldsymbol{P_{mp,min} = 345 \cdot \left(1 - \frac{(-0.38)}{100} \cdot \left( 11,98 - 25\,°C\right)\right) = 327,93 \ (W)}$$

Lo mismo con los valores de la intensidad para el valor de máxima temperatura y de mínima:

$$I_{SC,Tmax} = Isc + \left(\frac{Isc_{coef}}{100} \cdot Isc \cdot (T_{panel,max} - 25\,°C\right) \quad (V) \quad (5)$$

$$\boldsymbol{I_{SC,Tmax} = 9,62 + \left(\frac{0,050}{100} \cdot 9,62 \cdot (64,02 - 25\,°C\right) = 9,81\ V}$$

$$I_{SC,Tmin} = Isc + \left(\frac{Isc_{coef}}{100} \cdot Isc \cdot (T_{panel,min} - 25\,°C\right) \quad (V) \quad (6)$$

$$\boldsymbol{I_{SC,Tmin} = 9,62 + \left(\frac{0,050}{100} \cdot 9,62 \cdot (11,98 - 25\,°C\right) = 9,56\,V}$$

Finalmente, los valores de la tensión máxima y mínima de funcionamiento en los casos más críticos de temperatura operacional a la que puede llegar el panel:

$$V_{OC,Tmax} = Voc + \left(\frac{Voc_{coef}}{100} \cdot Voc \cdot (T_{panel,max} - 25\,°C\right) \quad (V) \quad (7)$$

$$\boldsymbol{V_{oc,Tmax} = 46 + \left(\frac{(-0,31)}{100} \cdot 46 \cdot (64,02 - 25)\right) = 40,79\,V}$$

$$V_{OC,Tmin} = Voc + \left(\frac{Voc_{coef}}{100} \cdot Voc \cdot (T_{panel,min} - 25\,°C\right) \quad (V) \quad (8)$$

$$\boldsymbol{V_{oc,Tmin} = 46 + \left(\frac{(-0,31)}{100} \cdot 46 \cdot (11,98 - 25)\right) = 48,27\,V}$$

| **Cálculos del generador fotovoltaico** | |
|---|---|
| **Tpanel,max** | 64,02 ˚**C** |
| **Tpanel,min** | 11,98 ˚**C** |
| **Pmp,max** | 396,15 W |
| **Pmp,min** | 327,93 W |
| **Vmp,max** | 43,29 V |
| **Vmp,min** | 35,84 V |

*Tabla 21. Resumen de cálculos del generador fotovoltaico*

| **Efecto ΔT en el FV** | |
|---|---|
| **Voc (Tmax)** | 40,79 V |
| **Voc (Tmin)** | 48,27 V |
| **Isc (Tmax)** | 9,81 A |
| **Isc (Tmin)** | 9,56 A |

*Tabla 22. Resumen de cálculos del efecto de la temperatura en el generador fotovoltaico*

Son los valores del voltaje a máxima potencia los que serán utilizados para obtener el número de módulos en serie que tolerará el inversor.

Se deberá cumplir la siguiente condición:

$$N^{o}{}_{módulos,String} = N_p \cdot N_s \geq \frac{P_{nom,inv}}{P_{max,panel}} = \frac{92 \cdot 10^3}{345} = 267\ módulos \quad (7)$$

$$N_{s,max} = \frac{V_{mpp,max,inv}}{Voc,_{Tmin}} = \frac{1300}{48,27} = 26\ módulos$$

$$N_{s,min} = \frac{V_{mpp,min,inv}}{Voc,_{Tmax}} = \frac{591}{40,79} = 15\ módulos$$

Se realizarán las comprobaciones pertinentes para el caso más extremo, correspondiente con el número máximo de paneles en serie, 26 módulos.

- Comprobación de máxima potencia:

$$N^{\underline{o}}{}_{módulos} = 26 \rightarrow\ \ V_{mpp,max,inv} \geq N_s \cdot V_{OC,Tmin} = 26 \cdot 48,27 = 1.255,09\ \ \ CUMPLE$$

La configuración de 26 módulos en serie cumple con el límite de tensión.

Disposición de paneles en paralelo:

Considerando que la generación en la instalación se desea de aproximadamente 500 kWh y que se ha determinado el valor de los paneles en serie se tiene que aproximadamente el número de cadenas o Strings será de:

$$\frac{P_{deseada}}{P_{nom,inv}} \geq N_{P,total} \approx 56\ Strings\ totales\ en\ la\ instalación$$

Serán 56 el número máximo de strings de la instalación, pero se obtendrá de un modo más concreto el número de strings por inversor. Para ello se deberá considerar el valor máximo de corriente que un inversor es capaz de cubrir, puesto que serán conexiones de paneles en paralelo las que llevan a cada inversor el criterio será el siguiente:

$$N_P \leq \frac{I_{max,inv}}{I_{SC,max}} = \frac{160}{9.81} = 16\ Strings\ máximo\ por\ inversor$$

Y con la expresión del número de módulos (7):

$$N_p \cdot N_s \geq \frac{P_{nom,inv}}{P_{max,panel}} = 267;\ \ N_p\ \geq 10\ módulos$$

Entonces, se ha obtenido la siguiente desigualdad:

$$10\ \leq N_P \leq 16\ Strings$$

Finalmente, con los valores obtenidos y siguiendo los criterios de máxima potencia y máxima intensidad que tolera cada inversor se obtiene que el número de inversores debe oscilar entre 4 y 5, se estudian los resultados con 5 inversores y se comprueba que cumple las condiciones.

$$I_{max,instalación} = I_{SC,Tmax} \cdot N_{P,total} = 549\ A$$

$$N_{Inv,intensidad\ max} = \frac{I_{max,instalación}}{I_{max,inv}} = \frac{549}{160} \approx 3\ A$$

$$N_{Inv,potencia\ max} = \frac{P_{max,instalación}}{P_{nom,inv}} = \frac{500}{92} \approx 5\ A$$

Considerando un total de 5 inversores se tiene que el número de paneles en paralelo por inversor adecuado es de 11 strings, resultado que cumple con las condiciones exigidas para el correcto funcionamiento de la instalación.

Resultando una instalación formada por:

| RESULTADOS DE LA INSTALACIÓN | |
|---|---|
| **Nº módulos** | 1.430 |
| **Nº inversores** | 5 |
| **N módulos en serie** | 26 |
| **Nº Strings por inversor** | 11 |
| **Nº Strings total** | 55 |
| **Potencia total de la instalación** | 493 kWp |

*Tabla 23. Resultados de la instalación*

## 3. Energía generada por la instalación

La expresión que proporciona el IDAE en el pliego de condiciones para instalaciones de autoconsumo conectadas a red, para el cálculo de la energía se realiza de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$E_{generada} = \frac{G_{dm}(\alpha,\beta) \cdot P_{instalada} \cdot PR}{G_{CEM}}\ kWh/día$$

Donde,

- $G_{dm}$ (0) (kWh/(m$^2$·dia)), Irradiancia en el plano horizontal.
- $G_{dm}$ (5º) (kWh/(m$^2$·dia)), Irradiancia en el plano de inclinación 5º correspondiente a los módulos fotovoltaicos en cubierta.
- $G_{CEM,}$ corresponde a 1 kWh/m$^2$.
- $P_{instalada}$, potencia instalada del generador fotovoltaico.
- PR, Performance Ratio, rendimiento total de la instalación, obtenido a partir de las perdidas consideradas en la instalación.
- Energía Generada, representa la generación total de la instalación considerando los factores de la irradiancia, el rendimiento y la potencia total de la instalación.
- mensual en el plano de los módulos solares y que el total de potencia instalada es de 493 kWp:

| GENERACIÓN FOTOVOLTAICA | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Mes** | **Gdm (5º) (kWh/(m²*dia))** | **Gdm (0º) (kWh/(m²*dia))** | **PR** | **Energía Generada (kWh/día)** | **E. generada (MWh/mes)** |
| Enero | 2.37 | 2.5 | 0.84 | 1000.37 | 31.01 |
| Febrero | 3.34 | 3 | 0.85 | 1418.50 | 39.72 |
| Marzo | 4.13 | 4.7 | 0.85 | 1762.71 | 54.64 |
| Abril | 5.85 | 5.8 | 0.82 | 2400.31 | 72.01 |
| Mayo | 6.90 | 7.2 | 0.81 | 2803.82 | 86.92 |
| Junio | 7.73 | 7.7 | 0.79 | 3089.64 | 92.69 |
| Julio | 7.23 | 7.8 | 0.79 | 2874.88 | 89.12 |
| Agosto | 6.47 | 6.4 | 0.78 | 2543.33 | 78.84 |
| Septiembre | 4.71 | 5.2 | 0.79 | 1871.85 | 56.16 |
| Octubre | 3.38 | 3.6 | 0.81 | 1375.63 | 42.64 |
| Noviembre | 2.43 | 2.5 | 0.82 | 1004.72 | 30.14 |
| Diciembre | 2.10 | 2.1 | 0.84 | 886.38 | 27.48 |
| **Promedio** | **4.72** | **4.88** | **0.82** | **1.919.34** | **58,45** |

*Tabla 24. Generación Fotovoltaica obtenida por la instalación*

## 4. Dimensionado del cableado

El siguiente apartado justifica las secciones de cableado que se han seleccionado para cada tramo de la instalación. Se debe destacar que para ponerse del lado de la seguridad se va a considerar un valor de caída de tensión máximo de 0,75% para todos los tramos de la instalación.

### 4.1. Tramo 1, Strings-Caja de conexiones

Se trata de tramos en los que los módulos solares se encuentran en serie, en concreto en cadenas de 26 módulos que entran en cada uno de los inversores. Estos cables se instalarán sobre la cubierta.

La *ITC-BT-40* del *REBT* exige que se cumplan dos criterios:

- Criterio de máxima intensidad, la máxima intensidad admisible por el cable será superior a 1,25 veces la intensidad máxima del generador.

  Se toma como intensidad máxima la Intensidad que circula por el módulo a la máxima temperatura,

$$I_{\max cable} \geq 1{,}25 \cdot I_{SC,tmax} \quad (1)$$

$$I_{\max cable} \geq 1{,}25 \cdot 9{,}81 = 12{,}26\ A$$

  Además, puesto que se trata de un tramo de corriente continua de un generador fotovoltaico, se aplicará lo recogido en la norma *UNE-EN-50618:2015.*

| Nominal cross sectional area | Current carrying capacity according to method of installation | | |
|---|---|---|---|
| | Single cable free in air | Single cable on a surface | Two loaded cables touching, on a surface |
| mm² | A | A | A |
| 1,5 | 30 | 29 | 24 |
| 2,5 | 41 | 39 | 33 |
| 4 | 55 | 52 | 44 |
| 6 | 70 | 67 | 57 |
| 10 | 98 | 93 | 79 |
| 16 | 132 | 125 | 107 |
| 25 | 176 | 167 | 142 |
| 35 | 218 | 207 | 176 |
| 50 | 276 | 262 | 221 |
| 70 | 347 | 330 | 278 |
| 95 | 416 | 395 | 333 |
| 120 | 488 | 464 | 390 |
| 150 | 566 | 538 | 453 |
| 185 | 644 | 612 | 515 |
| 240 | 775 | 736 | 620 |
| Ambient temperature: 60 °C (see Table A.4 for other ambient temperatures) max. conductor temperature: 120 °C. | | | |
| NOTE The expected period of use at a max. conductor temperature of 120 °C and at a max. ambient temperature of 90 °C is limited to 20 000 h. | | | |

*Tabla 25. Tabla V. Máxima Intensidad admisible de cables de utilización en circuitos de sistemas fotovoltaicos en función de la sección del conductor. (Fuente: especificación E A 0038)*

Con los resultados obtenidos y las condiciones especificadas se selecciona el cable de sección 1.5 mm$^2$, dos cables cargados sobre una superficie, capaz de soportar una intensidad máxima de 24 A. El tipo de recubrimiento del cable será el XLPE.

Se procede a la comprobación del criterio de tensión.

- Criterio de caída de tensión del generador:

$$V_{generador} \leq 0.75\ \%$$

Para comprobar cuál es la sección de cable mínima que se debe dimensionar se va aplicar la siguiente expresión:

$$S_{cable} \geq \frac{2 \cdot L_{cable} \cdot I_{sc,Tmax}}{\Delta V\% \cdot \gamma \cdot N_s \cdot Voc} = \frac{2 \cdot 50 \cdot 9{,}81}{0{,}0075 \cdot 56 \cdot 26 \cdot 46{,}4} = 1.94\ mm^2$$

Donde,

- $L_{cable}$, se ha tomado la longitud de la luz de la nave más una distancia de seguridad, en total 50 m para asegurar que no exista pretensado en los cables.
- $I_{sc,Tmax}$, Se trata de la intensidad a la máxima temperatura que soportará la instalación.
- $\Delta V\%$, caída de tensión máxima que debe soportar el cable. La normativa exige un máximo del 1,5%. Se considera una caída de tensión máxima de 0,75%, de este modo se disminuyen pérdidas.
- $\gamma$, resistividad del cobre a 20ºC.

- $N_s$, Número de paneles en serie por cada string.
- Voc, Voltaje máximo que soporta un módulo fotovoltaico.

Por lo que se concluye que la sección normalizada de cable que cumple con los criterios de la instalación es de 2.5 $mm^2$ obtenida para el tramo 1 de la instalación cumple con ambos criterios exigidos y será la sección de cada string que entra en un inversor.

Se instalarán por lo tanto un total de 2 cables por cada string (Positivo y negativo) de 2.5$mm^2$.

### 4.2. Tramo 2, Caja de conexiones-Inversor

El segundo tramo de cableado será también un tramo de corriente continua, en el que se dimensionará un único cable que será el que entre a un inversor.

Para su dimensionado de nuevo se deben cumplir los criterios de intensidad máxima admisible y de máxima caída de tensión:

$$I_{\max cable} \geq 1{,}25 \cdot 11 \cdot 9{,}81 = 134{,}86 \ A$$

De donde se obtiene un cable de 25 $mm^2$ con intensidad máxima admisible de 142 A, con recubrimiento tipo XLPE como se ha especificado en el tramo anterior.

$$V_{conjunto} \leq 0.75\ \%$$

$$S_{cable} \geq \frac{2 \cdot L_{cable} \cdot I_{sc,Tmax}}{\Delta V\% \cdot \gamma \cdot N_s \cdot Voc} = \frac{2 \cdot 80 \cdot 107{,}88}{0{,}0075 \cdot 56 \cdot 26 \cdot 46{,}4} = 34.07\ mm^2$$

Dimensionando una longitud de 80 m para garantizar la seguridad del cableado se tiene que la sección que cumple con ambos criterios exigidos es la de 35 $mm^2$con una intensidad máxima admisible de 176 A.

Se instalará entonces por cada inversor dos cables de 35 $mm^2$ de sección.

### 4.3. Tramo 3, Conexión del inversor a la caja de protecciones

El tramo de corriente alterna que abarca desde la conexión de cada uno de los inversores hasta la caja de protecciones de nuevo deberá cumplir los criterios de máxima intensidad admisible y máxima caída de tensión.

De la "*Tabla 1. Intensidades admisibles al aire 40ºC, Nº de conductores y tipo de aislamiento*" que recoge la ITC-BT-19, se selecciona el tipo de instalación F: Cables unipolares en contacto mutuo, Distancia a la pared no inferior a D.

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | | Conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes | | 3x PVC | 2x PVC | | 3x XLPE o EPR | 2x XLPE o EPR | | | | | |
| A2 | | Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes aislantes | 3x PVC | 2x PVC | | 3x XLPE o EPR | 2x XLPE o EPR | | | | | | |
| B | | Conductores aislados en tubos[3]en montaje superficial o empotrados en obra | | | | 3x PVC | 2x PVC | | | 3x XLPE o EPR | 2x XLPE o EPR | | |
| B2 | | Cables multiconductores en tubos[2]en montaje superficial o emprotrados en obra | | | 3x PVC | 2x PVC | | 3x XLPE o EPR | | 2x XLPE o EPR | | | |
| C | | Cables multiconductores directamente sobre la pared[2] | | | | | 3x PVC | 2x PVC | | 3x XLPE o EPR | 2x XLPE o EPR | | |
| E | | Cables multiconductores al aire libre[2] Distancia a la pared no inferior a 0.3D[5] | | | | | | 3x PVC | | 2x PVC | 3x XLPE o EPR | 2x XLPE o EPR | |
| F | | Cables unipolares en contacto mutuo[4] Distancia a la pared no inferior a D[5] | | | | | | | 3x PVC | | | 3x XLPE o EPR[1] | |
| G | | Cables unipolares separados mínimo D[5] | | | | | | | | | 3x PVC[1] | | 3x XLPE o EPR |
| Cobre | | mm² | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| | | 1,5 | 11 | 11,5 | 13 | 13,5 | 15 | 16 | - | 18 | 21 | 24 | - |
| | | 2,5 | 15 | 16 | 17,5 | 18,5 | 21 | 22 | - | 25 | 29 | 33 | - |
| | | 4 | 20 | 21 | 23 | 24 | 27 | 30 | - | 34 | 38 | 45 | - |
| | | 6 | 25 | 27 | 30 | 32 | 36 | 37 | - | 44 | 49 | 57 | - |
| | | 10 | 34 | 37 | 40 | 44 | 50 | 52 | - | 60 | 68 | 76 | - |
| | | 16 | 45 | 49 | 54 | 59 | 66 | 70 | - | 80 | 91 | 105 | - |
| | | 25 | 59 | 64 | 70 | 77 | 84 | 88 | 96 | 106 | 116 | 123 | 166 |
| | | 35 | | 77 | 86 | 96 | 104 | 110 | 119 | 131 | 144 | 154 | 206 |
| | | 50 | | 94 | 103 | 117 | 125 | 133 | 145 | 159 | 175 | 188 | 250 |
| | | 70 | | | | 149 | 160 | 171 | 188 | 202 | 224 | 244 | 321 |
| | | 95 | | | | 180 | 194 | 207 | 230 | 245 | 271 | 296 | 391 |
| | | 120 | | | | 208 | 225 | 240 | 267 | 284 | 314 | 348 | 455 |
| | | 150 | | | | 236 | 260 | 278 | 310 | 338 | 363 | 404 | 525 |
| | | 185 | | | | 268 | 297 | 317 | 354 | 386 | 415 | 464 | 601 |
| | | 240 | | | | 315 | 350 | 374 | 419 | 455 | 490 | 552 | 711 |
| | | 300 | | | | 360 | 404 | 423 | 484 | 524 | 565 | 640 | 821 |

*Tabla 26. Tabla 1. Intensidades admisibles al aire 40ºC, Nº de conductores y tipo de aislamiento" que recoge la ITC-BT-19 del REBT.*

- Criterio de máxima intensidad, la máxima intensidad admisible por el cable será superior a 1,25 veces la intensidad máxima del inversor.

Se toma como intensidad máxima la Intensidad que circula por el módulo a la máxima temperatura,

$$I_{\max cable} \geq 1{,}25 \cdot \frac{P_{\ inv}}{V \cdot \sqrt{3} \cdot \cos\varphi} \quad (1)$$

$$I_{\max cable} \geq 1{,}25 \cdot 199{,}19 = 248{,}98\ A$$

Donde:

- $P_{inv}$, Potencia máxima del inversor.
- V, tensión entre fases, en trifásico.
- Cos $\varphi$, tomará el valor más restrictivo, 1.
- Criterio de caída de tensión del inversor:

$$V_{inv} \leq 0.75\ \%$$

$$S_{cable} \geq \frac{2 \cdot L_{cable} \cdot P_{inv}}{\Delta V\% \cdot \gamma \cdot V^2} = \frac{2 \cdot 3 \cdot 138.000}{0{,}0075 \cdot 56 \cdot 400^2} = 6{,}16\ mm^2$$

Tomando como longitud de cable 3 m, se asegura el caso más desfavorable.

Se concluye que la sección de cableado que cumple con las restricciones de seguridad es la de 95 mm$^2$, por lo que se dimensiona un cableado de tres cables de 95 mm$^2$ y el neutro.

Para la obtención de la sección del neutro, la norma indica que, en todo su recorrido, será como mínimo de la sección que se indica en la "*Tabla 1. Sección del conductor neutro en función de la sección de los conductores de fase. ITC-BT-07"*.

| Sección de los conductores de fase (mm$^2$) | Sección nominal del conductor neutro (mm$^2$) | |
|---|---|---|
| | Redes aéreas | Redes subterráneas |
| 16 | 16 | 16 |
| 25 | 25 | 16 |
| 35 | 35 | 16 |
| 50 | 50 | 25 |
| 70 | 50 | 35 |
| 95 | 50 | 50 |
| 120 | 70 | 70 |
| 150 | 70 | 70 |
| 185 | 95 | 95 |
| 240 | 120 | 120 |
| 300 | 150 | 150 |
| 400 | 185 | 185 |

*Tabla 27.* Tabla 1. Sección del conductor neutro en función de la sección de los conductores de fase. ITC-BT-07".

Por lo que se obtiene una sección de cableado de 3x95 mm$^2$ + N 1x50 mm$^2$

### 4.4. Tramo 4, Conexión de la caja de protecciones al Cuadro General de Baja Tensión

El tramo de cableado de aquí se dimensiona es un tramo del tipo subterráneo por lo que cumplirá lo exigido en la ITC-BT-07, Redes subterráneas para distribución en baja tensión. En la que se establecen las intensidades máximas admisibles por un conductor subterráneo y los factores de corrección que se deben aplicar para el diseño adecuado.

Además de esto e deberán cumplir de nuevo los criterios de máxima tensión y máxima intensidad admisible en el cableado, obteniendo:

- Criterio de máxima intensidad, la máxima intensidad admisible por el cable será superior a 1,25 veces la intensidad máxima dela instalación.

$$I_{\max cable} \geq 1{,}25 \cdot \frac{P_{\ inst}}{V \cdot \sqrt{3} \cdot \cos\varphi} \quad (1)$$

$$I_{\max cable} \geq 1{,}25 \cdot 712{,}09 = 890{,}11\ A$$

Donde,

- P, es la potencia total instalada en Wp.

- V, es el valor de la tensión entre fases, 400 V.
- Cos $\varphi$, tomará el valor más restrictivo, 1.
- Fc, factores de conexión necesarios para adecuar la instalación a la situación real.
- Criterio de caída de tensión de la instalación:

$$V_{inst} \leq 0.75\ \%$$

$$S_{cable} \geq \frac{2 \cdot L_{cable} \cdot P_{inst}}{\Delta V\% \cdot \gamma \cdot V} = \frac{2 \cdot 30 \cdot 493.350}{0{,}0075 \cdot 56 \cdot 400} = 220.25\ mm^2$$

Donde,

- $L_{cable}$, se asume como distancia hasta el Cuadro general una distancia de 30 m.
- $P_{inst}$, la potencia total instalada.
- $V$, entre fases, sistema trifásico.

Para la selección de la sección del cableado se ha empleado la "*Tabla 5, Intensidad máxima admisible, en amperios, para cables con conductores de cobre en instalación enterrada*" de la ITC.

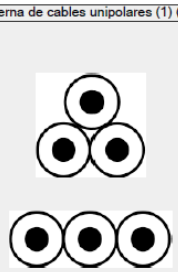
| Sección nominal mm² | Terna de cables unipolares (1) (2) | | | 1 cable tripolar o tetrapolar (3) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| |  | | |  | | |
| | Tipo de aislamiento | | | | | |
| | XLPE | EPR | PVC | XLPE | EPR | PVC |
| 6 | 72 | 70 | 63 | 66 | 64 | 56 |
| 10 | 96 | 94 | 85 | 88 | 85 | 75 |
| 16 | 125 | 120 | 110 | 115 | 110 | 97 |
| 25 | 160 | 155 | 140 | 150 | 140 | 125 |
| 35 | 190 | 185 | 170 | 180 | 175 | 150 |
| 50 | 230 | 225 | 200 | 215 | 205 | 180 |
| 70 | 280 | 270 | 245 | 260 | 250 | 220 |
| 95 | 335 | 325 | 290 | 310 | 305 | 265 |
| 120 | 380 | 375 | 335 | 355 | 350 | 305 |
| 150 | 425 | 415 | 370 | 400 | 390 | 340 |
| 185 | 480 | 470 | 420 | 450 | 440 | 385 |
| 240 | 550 | 540 | 485 | 520 | 505 | 445 |
| 300 | 620 | 610 | 550 | 590 | 565 | 505 |
| 400 | 705 | 690 | 615 | 665 | 645 | 570 |
| 500 | 790 | 775 | 685 | – | – | – |
| 630 | 885 | 870 | 770 | – | – | – |

*Tabla 28. Intensidad máxima admisible, en amperios, para cables con conductores de cobre en instalación enterrada*

Se ha seleccionado tres cables unipolares de sección de 240 mm² XLPE, que admitirán una corriente total de 1.650 A, a la cual se le deben aplicar los debidos factores de corrección.

Se tiene que, al tratarse de una instalación enterrada a mayor profundidad de la que considera la tabla de referencia se le debe aplicar un factor de 0.99.

| Profundidad de instalación (m) | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,80 | 0,90 | 1,00 | 1,20 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Factor de corrección | 1,03 | 1,02 | 1,01 | 1 | 0,99 | 0,98 | 0,97 | 0,95 |

*Tabla 29. Factores de corrección par diferentes profundidades de instalación. "REBT"*

En cuanto a la separación entre los cables, se opta por una separación del valor del diámetro de los mismos, de este modo se consigue mejor rendimiento. La "*Tabla 8. Factor de corrección para agrupaciones de cables trifásicos o ternas de cables unipolares*" recoge la corrección para cada situación. Por lo que se le aplica un factor de corrección de 0.79.

| Factor de corrección | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Separación entre los cables o ternas | Número de cables o ternas de la zanja | | | | | | | |
| | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 8 | 10 | 12 |
| D=0 (en contacto) | 0,80 | 0,70 | 0,64 | 0,60 | 0,56 | 0,53 | 0,50 | 0,47 |
| d= 0,07 m | 0,85 | 0,75 | 0,68 | 0,64 | 0,6 | 0,56 | 0,53 | 0,50 |
| d= 0,10 m | 0,85 | 0,76 | 0,69 | 0,65 | 0,62 | 0,58 | 0,55 | 0,53 |
| d= 0,15 m | 0,87 | 0,77 | 0,72 | 0,68 | 0,66 | 0,62 | 0,59 | 0,57 |
| d= 0,20 m | 0,88 | 0,79 | 0,74 | 0,70 | 0,68 | 0,64 | 0,62 | 0,60 |
| d= 0,25 m | 0,89 | 0,80 | 0,76 | 0,72 | 0,70 | 0,66 | 0,64 | 0,62 |

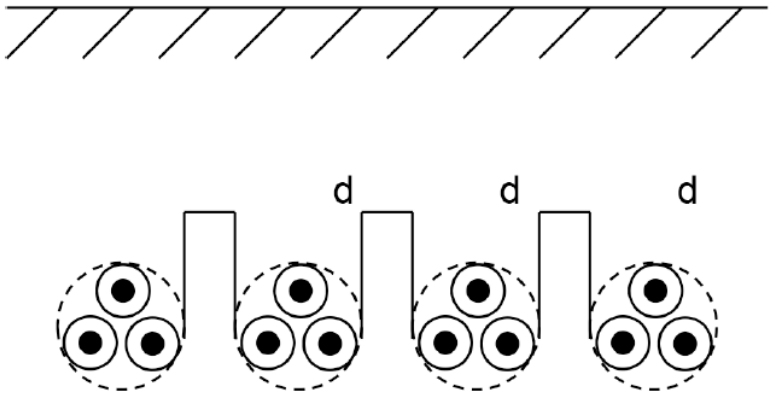



*Tabla 30. Factor de corrección para agrupaciones de cables trifásicos o ternas de cables unipolares. "REBT"*

La intensidad máxima admisible por fase será de 1.225,13 A con una disposición de 3 cables de 240 $mm^2$ por cada fase y el neutro.

Es importante destacar que al tratarse de un tramo que conecta al cuadro general de baja tensión, existirán cargas monofásicas, tales como la iluminación. Por este motivo es importante el dimensionado del neutro.

Para la obtención de la sección del neutro, la norma indica que, en todo su recorrido, será como mínimo de la sección que se indica en la "*Tabla 1. Sección del conductor neutro en función de la sección de los conductores de fase. ITC-BT-07".*

| Sección de los conductores de fase ($mm^2$) | Sección nominal del conductor neutro ($mm^2$) | |
|---|---|---|
| | Redes aéreas | Redes subterráneas |
| 16 | 16 | 16 |
| 25 | 25 | 16 |
| 35 | 35 | 16 |
| 50 | 50 | 25 |
| 70 | 50 | 35 |
| 95 | 50 | 50 |
| 120 | 70 | 70 |
| 150 | 70 | 70 |
| 185 | 95 | 95 |
| 240 | 120 | 120 |
| 300 | 150 | 150 |
| 400 | 185 | 185 |

*Tabla 31.* Tabla 1. Sección del conductor neutro en función de la sección de los conductores de fase. ITC-BT-07".

Con lo que se concluye que la sección del neutro será de 3x120 $mm^2$. Resultando ser el cableado del tramo 4 de: 3x3x240 $mm^2$ + N de 3x120 $mm^2$.

### 4.5. Resumen tramos de cableado

| Tramo estudiado | Sección seleccionada | Resultado |
|---|---|---|
| Tramo 1 | 2,5 $mm^2$ | 2x2,5 $mm^2$ por cada string |
| Tramo 2 | 35 $mm^2$ | 2x35 $mm^2$ por cada caja de conexiones |
| Tramo 3 | 95 $mm^2$ | 3x95 $mm^2$ + N de 1x50 $mm^2$ por cada inversor |
| Tramo 4 | 240 $mm^2$ | 3x3x240 $mm^2$ + N de 3x120 $mm^2$ de la caja de protecciones |

*Tabla 32. Secciones de cableado seleccionado*

## 5. Protecciones

A continuación, se procede a la justificación de la selección de elementos de protección para los diferentes tramos de la instalación.

### 5.1. Corriente Continua

La normativa vigente exige la instalación de sistemas de protección, va a establecerse el valor nominal de los fusibles y correspondientes portafusibles que protegerán el tramo de la caja de conexiones de corriente continua.

Para asegurar que el fusible a instalar funciona adecuadamente se debe cumplir que:

$$I_{uso} \leq I_n \leq I_{adm}$$

Donde:

- $I_{uso}$, corresponde a la corriente que circula por cada uno de los tramos de cableado a estudiar.
- $I_n$, corriente nominal del fusible seleccionado.

- $I_{adm}$, máxima corriente admisible para la sección de cableado seleccionada en el tramo de estudio.

Del REBT se obtiene la tabla de intensidades nominales de fusible normalizadas,

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | 4 | 6 | 10 | 16 | 20 | 25 | 35 |
| 40 | 50 | 63 | 80 | 100 | 125 | 160 | 200 |
| 250 | 315 | 400 | 425 | 500 | 630 | 800 | 1000 |

*Figura 36. Intensidades nominales fusibles. "Fuente REBT"*

Además, cada uno de los fusibles seleccionados se instalará en un portafusible adecuado.

Se obtiene entonces considerando la corriente por cada uno de los tramos que el valor nominal de cada fusible es de:

| **Tramo** | **Tramo 1** | **Tramo 2** |
|---|---|---|
| **Tipo de protección** | **Fusible y portafusible** | **Fusible y portafusible** |
| **Intensidad de uso** | 9,81 | 107,88 |
| **Intensidad admisible por el cable** | 12,26 | 134,86 |
| **Voltaje de trabajo** | 1206,4 | 107,88 |
| **Inensidad nominal seleccionada para el equipo de protección** | 10 A | 125 A |

*Tabla 33. Condiciones para las protecciones de corriente contiua*

## 5.2. Corriente Alterna

En cuanto a las protecciones para los tramos de corriente alterna, se considerarán las corrientes máximas admisibles por el cableado, de modo que la instalación de magnetotérmicos limite el paso de corriente máxima por el circuito.

Se instalarán equipos de 4 polos puesto que se trata de tramos trifásicos con neutro. Por otro lado, debe instalarse un equipo diferencial- residual para la protección de las personas, que sea capaz de detectar el cambio de tensión y de corriente a 300 mA.

| Tramo | Tramo 3 | | Tramo 4 | |
|---|---|---|---|---|
| **Tipo de protección** | **Magnetotérmico de 4 polos** | **Relé diferencial** | **Magnetotérmico de 4 polos** | **Relé diferencial** |
| **Intensidad de uso** | 199,19 A | - | 712,09 | - |
| **Intensidad admisible por el cable** | 248,98 A | - | 890,11 | - |
| **Voltaje de trabajo** | 400 v (trifásica) | 380-415 V | 400 v (trifásica) | 380-415 V |
| **Inensidad nominal seleccionada para el equipo de protección** | 220 A | Soportará 300 mA | 800 A | Soportará 300 mA |

*Tabla 34. Condiciones de protecciones de corriente alterna*

## 6. Obtención del rendimiento de la instalación

Surge un concepto específico para denominar el rendimiento total de la instalación completa, el cual considera cada uno de los rendimientos de las diferentes partes que componen la instalación, este es el Performance Ratio, conocido como PR y en él se recogen:

A continuación, se concretará la obtención de cada una de ellas,

### 6.1. Pérdidas por orientación e inclinación

Como bien se ha comentado, la instalación se realizará integrada arquitectónicamente en la cubierta de la estructura metálica y la inclinación de la misma será de 5º, corresponderá a la inclinación β=5º de los módulos.

Por otro lado, en cuanto al azimut de los paneles se tienen $\alpha_1$=-11º y $\alpha_2$= 169º.

Y la latitud a la que se encuentra la instalación de Φ = 39.970º.

Según el IDAE en el "*Pliego de condiciones técnicas de instalaciones conectadas a red*", al tratarse de una instalación integrada arquitectónicamente se tiene unas pérdidas máximas del 40%.

Se obtendrán de la siguiente forma:

$$L_{orientación\ e\ inclinación} = 100 \cdot [1{,}2 \times 10^{-4} \cdot (\beta - \Phi + 10)^2] \text{ para } \beta \leq 15º.$$

Obteniendo un valor resultante de $L_{orientación\ e\ inclinación} = 92.5\%$

### 6.2. Pérdidas por sombras

No existe ningún elemento que produzca sombras en la instalación que se dimensiona.

### 6.3. Efecto de la temperatura

Para la determinación del efecto de la temperatura en el funcionamiento del panel el IDAE en el "Pliego de condiciones técnicas de instalaciones conectadas a red" se emplea expresión que determina la temperatura de la célula.

$$T_c = T_{amb} + G_{CEM}\left(\frac{W}{m^2}\right) \cdot \frac{(TONC(°C) - 20)}{800}$$

Donde,

- $T_c$ es la temperatura media de las células solares, en ºC.
- $T_{amb,}$ es la temperatura media para cada mes del año, en ºC.
- $G_{CEM,}$ corresponde a 1 kWh/m$^2$ de irradiancia solar.
- TONC, Se trata de la temperatura de operación nominal que alcanzan las células de los módulos solares.

De este modo se obtendrá la temperatura media de la célula para cada mes del año y así se procederá a la obtención de las pérdidas medias debidas a la temperatura.

$$L_{temperatura} = 1 - g \cdot (T_c - 25) \quad (\%)$$

Donde:

- g representa el coeficiente de temperatura de la potencia en 1/ºC, se puede encontrar en los datos técnicos del panel seleccionado. Toma el valor de 0.38%/ºC

Una vez introducidas las expresiones a emplear para la obtención de las pérdidas debidas a efectos de la temperatura en los módulos se obtiene la tabla de datos resultantes:

| Mes | T ambiente 2018 | T célula | Irradiancia | $L_{temp}$ (%) |
|---|---|---|---|---|
| Enero | 10.3 | 36.55 | 1000 | **96.61** |
| Febrero | 8.3 | 34.55 | 1000 | **97.37** |
| Marzo | 7.3 | 33.55 | 1000 | **97.75** |
| Abril | 17.3 | 43.55 | 1000 | **93.95** |
| Mayo | 19.8 | 46.05 | 1000 | **93.00** |
| Junio | 23.8 | 50.05 | 1000 | **91.48** |
| Julio | 24.8 | 51.05 | 1000 | **91.10** |
| Agosto | 27.55 | 53.8 | 1000 | **90.06** |
| Septiembre | 25.05 | 51.3 | 1000 | **91.01** |
| Octubre | 19.3 | 45.55 | 1000 | **93.19** |
| Noviembre | 15.3 | 41.55 | 1000 | **94.71** |
| Diciembre | 9.8 | 36.05 | 1000 | **96.80** |

*Tabla 35. Pérdidas debido al efecto de la temperatura en los módulos*

### 6.4. Pérdidas por suciedad y dispersión

Estas pérdidas varían en función de la inclinación de los módulos y su cercanía a zonas de mayor suciedad. Su valor oscila entre el 0 y el 8%, puesto que el emplazamiento de la instalación es un polígono industrial en el que se controlan las emisiones se va a considerar un porcentaje del 3%.

Obteniendo un $L_{Suciedad}$ =97%.

### 6.5. Eficiencia del inversor

Según la información proporcionada por el fabricante, el inversor presenta un rendimiento del 98.80%, teniendo un porcentaje de pérdidas reducido.

Por lo que se tiene un $L_{inv}$=98.80%.

### 6.6. Pérdidas del cableado

Durante el diseño del cableado se ha considerado que el mismo no superará una caída de tensión mayor de 1,5%, este valor será determinante a la hora de obtener las pérdidas debidas al cableado.

Se consideran unas pérdidas debidas al cableado de $L_{cab}$ = 0,6%.

### 6.7. Otras pérdidas

Se van a considerar pérdidas debidas a equipos de protección, equipos de medida, bornas, etc, de aproximadamente un 1.5%.

De donde se obtienen, $L_{otros}$= 98.5%.

Es entonces cuando se procede a la obtención del PR de la instalación, siguiendo la siguiente expresión:

$$PR = L_{orientación\ e\ inclinación} \cdot L_{temperatura} \cdot L_{Suciedad} \cdot\ L_{inv} \cdot L_{cab} \cdot L_{otros}$$

Obteniendo los siguientes valores mensuales, los cuales serán imprescindibles para la obtención de la energía generada por la instalación durante el año.

| PERFORMANCE RATIO | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Ltemp** | **Lcab** | **Linv** | **Lsuciedad** | **Loi** | **Lotros** | **PR** |
| 96.61% | 99.4% | 98.8% | 97.0% | 92.5% | 98.50% | **83.87%** |
| 97.37% | 99.4% | 98.8% | 97.0% | 92.5% | 98.50% | **84.53%** |
| 97.75% | 99.4% | 98.8% | 97.0% | 92.5% | 98.50% | **84.86%** |
| 93.95% | 99.4% | 98.8% | 97.0% | 92.5% | 98.50% | **81.56%** |
| 93.00% | 99.4% | 98.8% | 97.0% | 92.5% | 98.50% | **80.74%** |
| 91.48% | 99.4% | 98.8% | 97.0% | 92.5% | 98.50% | **79.42%** |
| 91.10% | 99.4% | 98.8% | 97.0% | 92.5% | 98.50% | **79.09%** |
| 90.06% | 99.4% | 98.8% | 97.0% | 92.5% | 98.50% | **78.18%** |
| 91.01% | 99.4% | 98.8% | 97.0% | 92.5% | 98.50% | **79.00%** |
| 93.19% | 99.4% | 98.8% | 97.0% | 92.5% | 98.50% | **80.90%** |
| 94.71% | 99.4% | 98.8% | 97.0% | 92.5% | 98.50% | **82.22%** |
| 96.80% | 99.4% | 98.8% | 97.0% | 92.5% | 98.50% | **84.03%** |
| | | | | | | **81.53%** |

*Tabla 36. Performance Ratio*

# ANEXO II. CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA METÁLICA

ÍNDICE

## 1. Bases de cálculo

El siguiente apartado describe las bases y principios de cálculo para la resistencia meánica, la estabilidad del edificio, la aptitud de servicio y la durabilidad. Tal y como recoge el CTE en su Documento Básico DB- SE.

Se recogen las diferentes combinaciones de cargas a las que se somete la estructura, para las comprobaciones de estados límite último y de servicio.

El cálculo de las combinaciones se llevará a cabo con el programa CYPE Ingenieros, mediante el cual se consideran los coeficientes y demás parámetros para desarrollar la estructura, comprobando las situaciones en el caso más desfavorable.

Además, el programa permite la introducción de los valores de sobrecarga de uso correspondientes a la instalación fotovoltaica ya desarrollada.

La estructura estará diseñada para cumplir con las siguientes verificaciones:

### 1.1. Estados Límite

Va a estar condicionado por las diferentes situaciones del proyecto, así se variarán el cálculo de las acciones, empleando o no, coeficientes de combinación.

Las expresiones que incluyen o no los coeficientes de combinación son:

- Sin coeficientes de combinación:

$$\sum_{j\geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P_k + \sum_{i\geq 1} \gamma_{Q,i} Q_{k,i}$$

- Con coeficientes de combinación:

$$\sum_{j\geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i\geq 1} \gamma_{Q,i} \Psi_{0.i} Q_{k,i}$$

Donde:

GkAcción permanente

PkAcción de pretensado

QkAcción variable

ɣGCoeficiente parcial de seguridad de las acciones permanentes

ɣPCoeficiente parcial de seguridad de la acción de pretensado

ɣQ,1Coeficiente parcial de seguridad de acción variable principal

ΨQ,iCoeficiente de combinación de acciones variables

Y considerando para cada situación del proyecto y estado límite los siguientes coeficientes:

- E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones: EHE-08 / CTE DB-SE C

| Persistente o transitoria | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Coeficientes parciales de seguridad ($\gamma$) | | Coeficientes de combinación ($\psi$) | |
| | Favorable | Desfavorable | Principal ($\psi_p$) | Acompañamiento ($\psi_a$) |
| Carga permanente (G) | 1.000 | 1.600 | - | - |
| Sobrecarga (Q) | 0.000 | 1.600 | 0.000 | 0.000 |
| Viento (Q) | 0.000 | 1.600 | 1.000 | 0.600 |
| Nieve (Q) | 0.000 | 1.600 | 1.000 | 0.500 |

*Tabla 37. E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones: EHE-08/ CTE DB-SE C*

| Persistente o transitoria (G1) | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Coeficientes parciales de seguridad ($\gamma$) | | Coeficientes de combinación ($\psi$) | |
| | Favorable | Desfavorable | Principal ($\psi_p$) | Acompañamiento ($\psi_a$) |
| Carga permanente (G) | 1.000 | 1.600 | - | - |
| Sobrecarga (Q) | 0.000 | 1.600 | 1.000 | 0.000 |
| Viento (Q) | 0.000 | 1.600 | 0.000 | 0.000 |
| Nieve (Q) | 0.000 | 1.600 | 0.000 | 0.000 |

*Tabla 38. E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones: EHE-08/ CTE DB-SE C*

-

- E.L.U. de rotura. Acero Laminado: CTE DB SE-A

| Persistente o transitoria | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Coeficientes parciales de seguridad ($\gamma$) | | Coeficientes de combinación ($\psi$) | |
| | Favorable | Desfavorable | Principal ($\psi_p$) | Acompañamiento ($\psi_a$) |
| Carga permanente (G) | 0.800 | 1.350 | - | - |
| Sobrecarga (Q) | 0.000 | 1.500 | 0.000 | 0.000 |
| Viento (Q) | 0.000 | 1.500 | 1.000 | 0.600 |
| Nieve (Q) | 0.000 | 1.500 | 1.000 | 0.500 |

*Tabla 39. E.L.U. de rotura. Acero Laminado: CTE DB SE-A*

| Persistente o transitoria (G1) | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Coeficientes parciales de seguridad ($\gamma$) | | Coeficientes de combinación ($\psi$) | |
| | Favorable | Desfavorable | Principal ($\psi_p$) | Acompañamiento ($\psi_a$) |
| Carga permanente (G) | 0.800 | 1.350 | - | - |
| Sobrecarga (Q) | 0.000 | 1.500 | 1.000 | 0.000 |
| Viento (Q) | 0.000 | 1.500 | 0.000 | 0.000 |
| Nieve (Q) | 0.000 | 1.500 | 0.000 | 0.000 |

*Tabla 40. E.L.U. de rotura. Acero Laminado: CTE DB SE-A para G1*

- Tensiones sobre el terreno

| Característica | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Coeficientes parciales de seguridad ($\gamma$) | | Coeficientes de combinación ($\psi$) | |
| | Favorable | Desfavorable | Principal ($\psi_p$) | Acompañamiento ($\psi_a$) |
| Carga permanente (G) | 1.000 | 1.000 | - | - |
| Sobrecarga (Q) | 0.000 | 1.000 | 0.000 | 0.000 |
| Viento (Q) | 0.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| Nieve (Q) | 0.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |

*Tabla 41. Coeficientes de acciones sobre el terreno 1*

| Característica | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Coeficientes parciales de seguridad ($\gamma$) | | Coeficientes de combinación ($\psi$) | |
| | Favorable | Desfavorable | Principal ($\psi_p$) | Acompañamiento ($\psi_a$) |
| Carga permanente (G) | 1.000 | 1.000 | - | - |
| Sobrecarga (Q) | 0.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| Viento (Q) | 0.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| Nieve (Q) | 0.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |

*Tabla 42. Coeficientes de acciones sobre el terreno 2*

- Desplazamientos

| Característica | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Coeficientes parciales de seguridad ($\gamma$) | | Coeficientes de combinación ($\psi$) | |
| | Favorable | Desfavorable | Principal ($\psi_p$) | Acompañamiento ($\psi_a$) |
| Carga permanente (G) | 1.000 | 1.000 | - | - |
| Sobrecarga (Q) | 0.000 | 1.000 | 0.000 | 0.000 |
| Viento (Q) | 0.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| Nieve (Q) | 0.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| **Característica** | | | | |
| | Coeficientes parciales de seguridad ($\gamma$) | | Coeficientes de combinación ($\psi$) | |
| | Favorable | Desfavorable | Principal ($\psi_p$) | Acompañamiento ($\psi_a$) |
| Carga permanente (G) | 1.000 | 1.000 | - | - |
| Sobrecarga (Q) | 0.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| Viento (Q) | 0.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| Nieve (Q) | 0.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |

*Tabla 43. Desplazamientos*

## 2. Acciones sobre la estructura

A continuación, van a describirse las cargas que afectan a la estructura que desea diseñarse.

### 2.1. Permanentes

#### *2.1.1. Peso Propio*

En la estructura a calcular únicamente se cubren aguas, por lo que no existen pesos por tabiquerías, cerramientos laterales ni de forjado, puesto que es de una sola planta. Pero si se ven involucrados el resto de elementos estructurales que la componen, tales como pilares, jácenas, tirantes, etc, estos serán calculados por el programa CYPE.

Para la cubierta, se debe incorporar, un panel de chapa de acero grecada, además del entramado de correas encargado de fijar la cubierta de chapa a la estructura, este peso recae en las jácenas y se transmite a los pilares y resto de elementos que componen la estructura.

Para la determinación de los valores de cálculo se han tomado los datos de la Tabla C.2. Peso por unidad de superficie de elementos de cobertura, del CTE, en el que se especifica el peso de la chapa de acero para cubierta. Este valor será introducido en el programa de cálculo.

$$Chapa\ Grecada \rightarrow 0.12\ kN/m^2$$

### 2.2. Variables

#### *2.2.1. Sobrecarga de uso*

En cuanto a la sobrecarga de uso, debe considerarse en este apartado el peso que implica la instalación solar fotovoltaica dimensionada. Esta carga no será del tipo concentrada, sino que se encuentra repartida por toda la cubierta de forma uniforme, de modo que se va a modelizar como una carga distribuida siguiendo con lo establecido en el CTE.

Al tratarse de una cubierta tipo G1 se le asignan según la “Tabla 3.1 Valores característicos de las sobrecargas de uso del CTE” un valor de 0.4 kN/m$^2$ como valor estimado al tratarse de una cubierta ligera sobre correas (sin forjado).

| Categoría de uso | | Subcategorías de uso | | Carga uniforme [kN/m²] | Carga concentrada [kN] |
|---|---|---|---|---|---|
| A | Zonas residenciales | A1 | Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles | 2 | 2 |
| | | A2 | Trasteros | 3 | 2 |
| B | Zonas administrativas | | | 2 | 2 |
| C | Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes a las categorías A, B, y D) | C1 | Zonas con mesas y sillas | 3 | 4 |
| | | C2 | Zonas con asientos fijos | 4 | 4 |
| | | C3 | Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles; salas de exposición en museos; etc. | 5 | 4 |
| | | C4 | Zonas destinadas a gimnasio u actividades físicas | 5 | 7 |
| | | C5 | Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc) | 5 | 4 |
| D | Zonas comerciales | D1 | Locales comerciales | 5 | 4 |
| | | D2 | Supermercados, hipermercados o grandes superficies | 5 | 7 |
| E | Zonas de tráfico y de aparcamiento para vehículos ligeros (peso total < 30 kN) | | | 2 | 20 (1) |
| F | Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente (2) | | | 1 | 2 |
| G | Cubiertas accesibles únicamente para conservación (3) | G1(7) | Cubiertas con inclinación inferior a 20º | 1(4) (6) | 2 |
| | | | Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) (5) | 0,4(4) | 1 |
| | | G2 | Cubiertas con inclinación superior a 40º | 0 | 2 |

*Figura 37. Tabla 3.1. Valores característicos de las sobrecargas de uso. CTE*

Además, se tiene un peso total de la instalación fotovoltaica de aproximadamente 33.000 kg, lo que implica una sobrecarga de uso de 0.09 kN/m$^2$. Valor que será introducido en el programa CYPE para poder ser considerado a la hora del dimensionado.

Finalmente, el valor total de sobrecarga de uso se considera de 0,49 kN/m$^2$, que será introducido en el programa a la hora del cálculo de la estructura.

### *2.2.2. Viento*

El CTE-DB-SE-AE establece el cálculo de la acción del viento mediante la fórmula siguiente:

$$q_e = q_b \cdot c_e(z) \cdot c_p$$

Donde,

- $q_b$, representa la presión dinámica del viento, esta dependerá de la localización de la instalación. La siguiente expresión permite su obtención en función de la densidad del viento (δ), cuyo valor general es de 1,25 kg/m$^3$, y la velocidad del mismo ($v_b$):

$$q_b = 0{,}5 \cdot \delta \cdot v_b$$

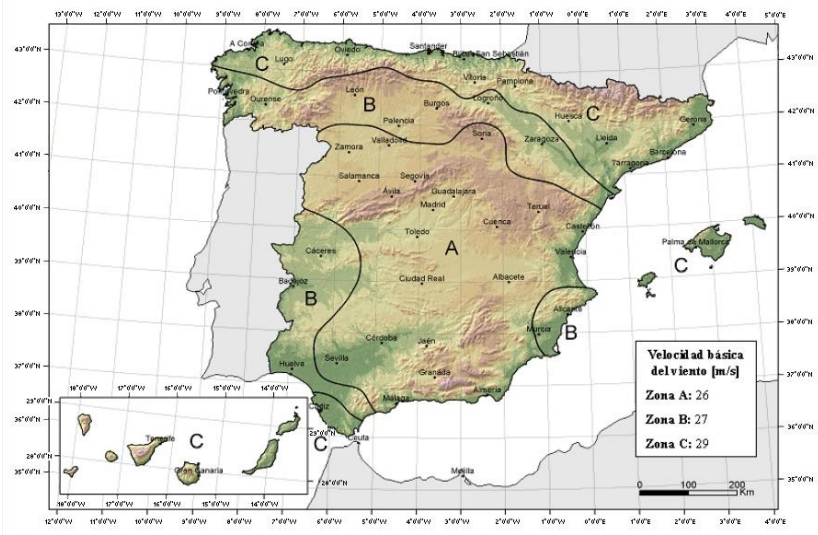



*Figura 38. Mapa eólico de España*

- $c_e(z)$, Coeficiente de exposición, su variación depende de la altura del punto considerado (z), en función del grado de aspereza del entorno (g) donde se encuentre la instalación. El CTE incluye una tabla de valores del coeficiente de exposición en función de estos parámetros.

| | Grado de aspereza del entorno | Altura del punto considerado (m) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 3 | 6 | 9 | 12 | 15 | 18 | 24 | 30 |
| I | Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud | 2,4 | 2,7 | 3,0 | 3,1 | 3,3 | 3,4 | 3,5 | 3,7 |
| II | Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia | 2,1 | 2,5 | 2,7 | 2,9 | 3,0 | 3,1 | 3,3 | 3,5 |
| III | Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas | 1,6 | 2,0 | 2,3 | 2,5 | 2,6 | 2,7 | 2,9 | 3,1 |
| IV | Zona urbana en general, industrial o forestal | 1,3 | 1,4 | 1,7 | 1,9 | 2,1 | 2,2 | 2,4 | 2,6 |
| V | Centro de negocio de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,4 | 1,5 | 1,6 | 1,9 | 2,0 |

*Figura 39. Tabla 3.4. Valores del coeficiente de exposición Ce. CTE*

La instalación se encuentra en una zona del tipo industrial por lo que se considera un grado de aspereza del tipo IV, "Zona urbana en general", industrial o forestal. La altura de coronación es z = 7.51 m y se obtiene un $c_e(7{,}51) = 1{,}55$.

- $c_p$, representa el coeficiente eólico o de presión, dependiente de la forma y la orientación de la superficie con respecto al viento. Este se determina en función de:

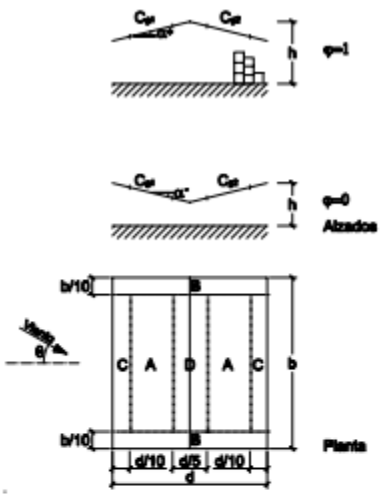
$$c_p = f(\frac{h}{d}, \alpha, A, f, zona)$$

Donde,

- $\frac{h}{d}$, dirección relativa del viento.
- $(f, \alpha)$, depende de la forma del edificio (formas simples, canónicas).

- *zona*, representa la posición del elemento considerado.
- A, el área de influencia.

El caso que nos concierne, será tratado como una marquesina puesto que se trata de una nave diáfana en la que los laterales del edificio no tienen cerramiento y por lo tanto superan el 30% de huecos del área total.




| Pendiente de la cubierta α | Efecto del viento hacia | Factor de obstrucción φ | Coeficientes de presión $c_{p,10}$ Zona (según figura) A | B | C | D |
|---|---|---|---|---|---|---|
| -20º | Abajo | 0 ≤ φ ≤ 1 | 0,8 | 1,6 | 0,6 | 1,7 |
| | Arriba | 0 | -0,9 | -1,3 | -1,6 | -0,6 |
| | Arriba | 1 | -1,5 | -2,4 | -2,4 | -0,6 |
| -15º | Abajo | 0 ≤ φ ≤ 1 | 0,6 | 1,5 | 0,7 | 1,4 |
| | Arriba | 0 | -0,8 | -1,3 | -1,6 | -0,6 |
| | Arriba | 1 | -1,6 | -2,7 | -2,6 | -0,6 |
| -10º | Abajo | 0 ≤ φ ≤ 1 | 0,6 | 1,4 | 0,8 | 1,1 |
| | Arriba | 0 | -0,8 | -1,3 | -1,5 | -0,6 |
| | Arriba | 1 | -1,6 | -2,7 | -2,6 | -0,6 |
| -5º | Abajo | 0 ≤ φ ≤ 1 | 0,5 | 1,5 | 0,8 | 0,8 |
| | Arriba | 0 | -0,7 | -1,3 | -1,6 | -0,6 |
| | Arriba | 1 | -1,5 | -2,4 | -2,4 | -0,6 |
| 5º | Abajo | 0 ≤ φ ≤ 1 | 0,6 | 1,8 | 1,3 | 0,4 |
| | Arriba | 0 | -0,6 | -1,4 | -1,4 | -1,1 |
| | Arriba | 1 | -1,3 | -2,0 | -1,8 | -1,5 |
| | Abajo | 0 ≤ φ ≤ 1 | 0,7 | 1,8 | 1,4 | 0,4 |

*Figura 40. Tabla D.11. Marquesinas a dos aguas. CTE*

Para el cálculo de la estructura, el programa CYPE contempla las consideraciones mencionadas:

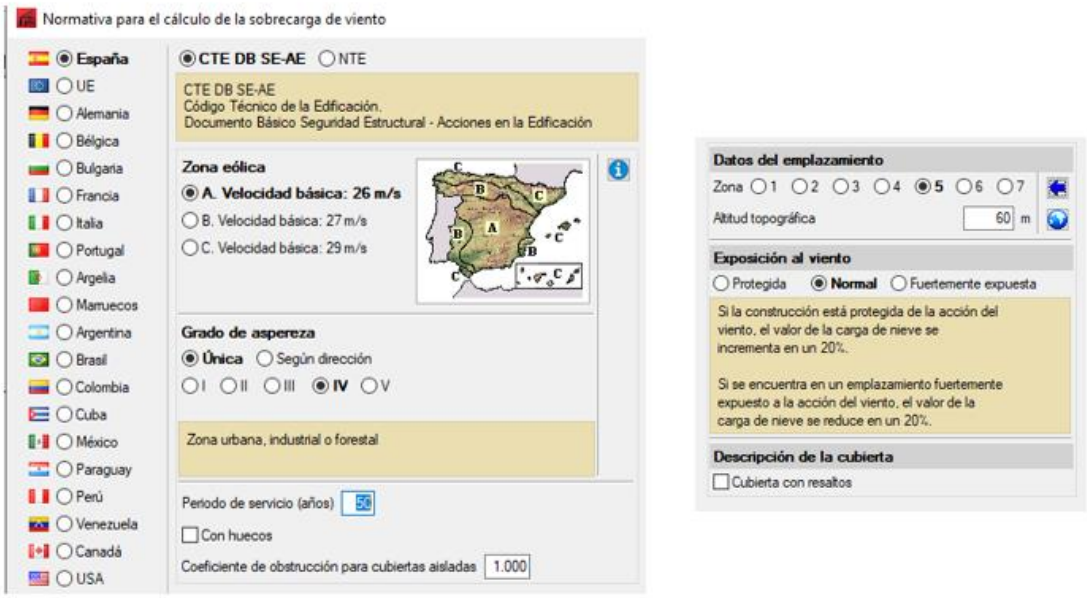



*Figura 41. Cálculo de la sobrecarga de viento. CYPE*

## 3. Tipología de pórticos

La tipología de los pórticos que van a definirse con el generador de pórticos del programa CYPE Ingenieros permite calcular las acciones que van a recaer sobre ellos. Además, también permite el dimensionado de las correas en cubierta.

Se definen las dimensiones de cada uno de los pórticos de la estructura:

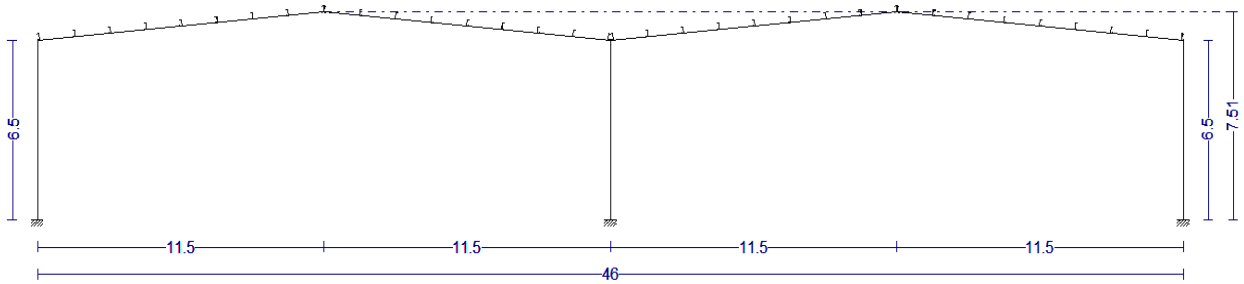



*Figura 42. Geometría de los pórticos de la estructura*

Se introducen los valores de las cargas y los requisitos de la estructura, considerando como ya se ha comentado que únicamente existe cerramiento en la cubierta de la nave, y que sobre este será integrada la instalación:

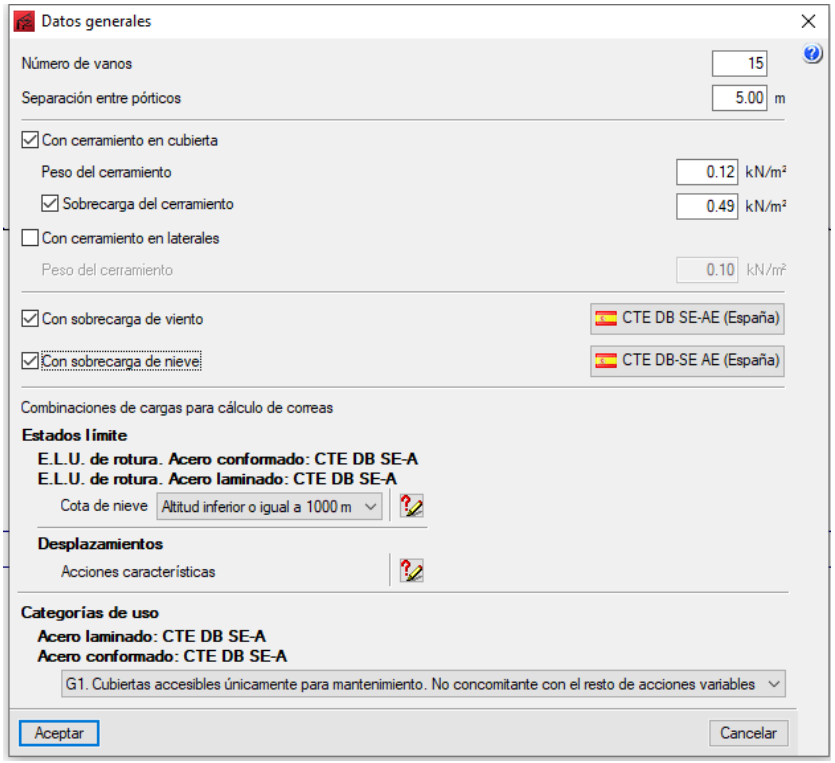



*Figura 43. Datos generales tipología de los pórticos*

Concretando el número de vanos, la crujía, y las acciones permanentes y variables queda completamente definida la tipología deseada.

Para el cálculo de las correas en cubierta se introducirán los valores de L/300 para el límite de flecha por tratarse de un elemento a flexión, calculando en un vano se consigue quedar del lado de la seguridad y seleccionando fijación del tipo rígido se van a obtener perfiles del tipo CF, conformado en frío, el programa calcula una serie de perfiles que cumplirán las comprobaciones realizadas y se seleccionará la combinación que menor carga suponga sobre la estructura.

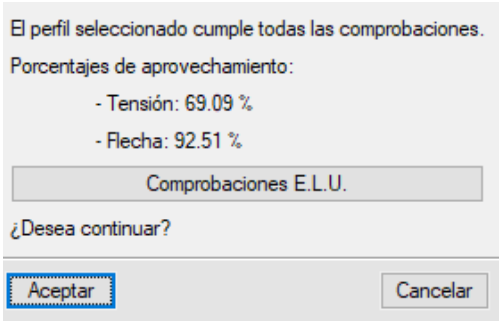



*Figura 44. Comprobación correas de cubierta*

Una vez se ha obtenido la tipología final de los pórticos junto con las comprobaciones pertinentes se procede a su exportación al módulo CYPE 3D.

## 4. Estructura

Los cálculos llevados a cabo se basan en la normativa establecida, el CTE y el EHE-08, una vez establecidas se incorporan los elementos estructurales.

Los paños de carga creados para el reparto de la carga superficial se distribuyen en la cubierta de la siguiente forma:

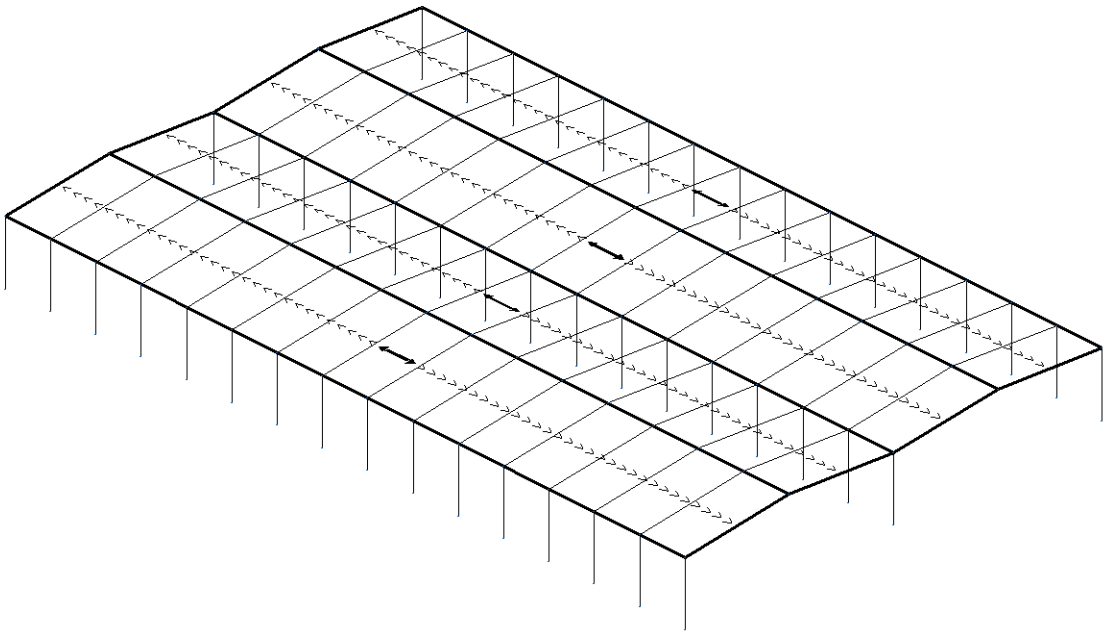


*Figura 45. Cargas superficiales en la estructura*

Estos paños representan la superficie de distribución de la carga, puesto que no presenta cerramientos laterales, los paños existentes se encuentran en la cubierta de la nave.

A continuación, van a recogerse los detalles que se han seguido para la definición de cada uno de los elementos.

El pórtico de fachada no dispone de pilares hastiales, tampoco de CSA puesto que se desea el acceso ágil de máquinas de carga y la existencia de elementos estructurales dificulta el paso.

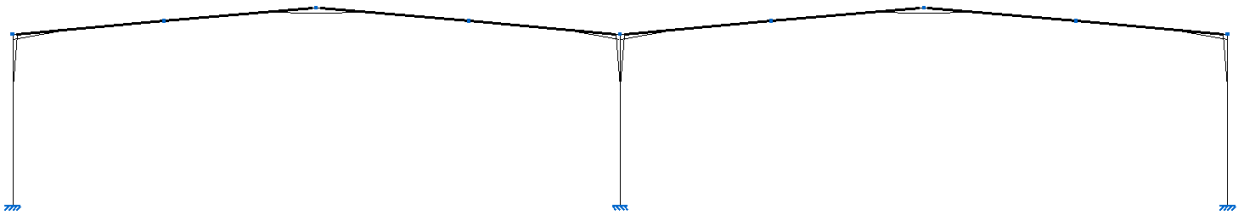


*Figura 46. Pórtico de fachada*

La función de la viga perimetral es la de unir las cabezas de pilares de cada uno de los pórticos de la estructura. Estas barras son elementos secundarios que funcionan a tracción de modo que es importante la articulación de

sus extremos para asegurar su correcto funcionamiento. El perfil que se ha seleccionado para este elemento es del tipo cuadrado hueco.

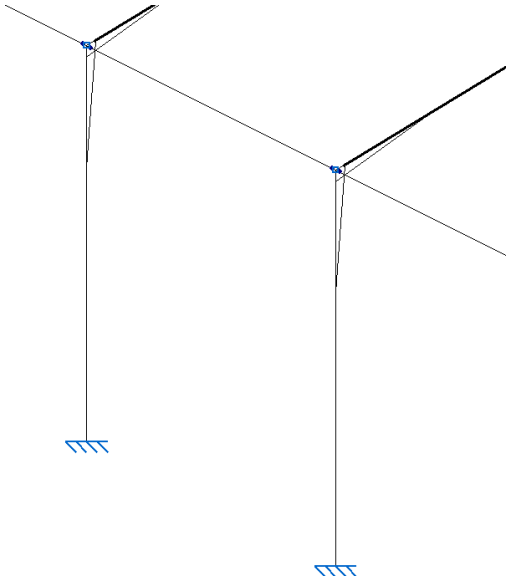


*Figura 47. Viga Perimetral*

El sistema que actúa como viga contraviento está formado por un conjunto de vigas montantes y un conjunto de tirantes redondos macizos. Esta agrupación de elementos se dispone de la siguiente manera:

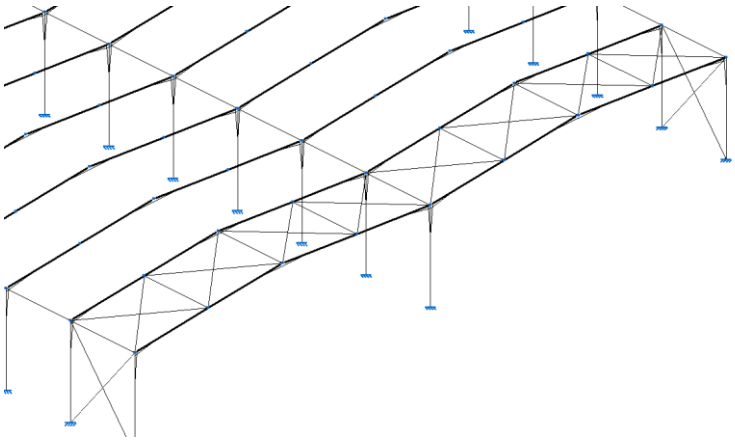


*Figura 48. Viga Contraviento*

En cuanto al sistema de arriostramiento, se emplearán cruces de san Andrés, que se emplearán en las fachadas laterales y en la cubierta, disponiéndose de la siguiente manera:

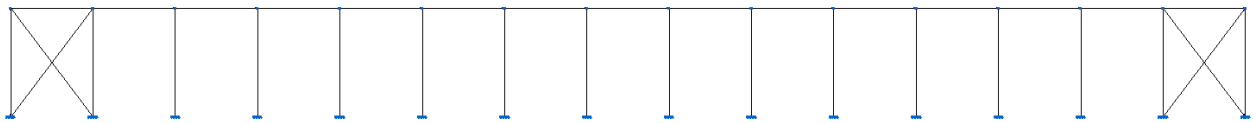


*Figura 49. CSA para arriostramiento lateral*

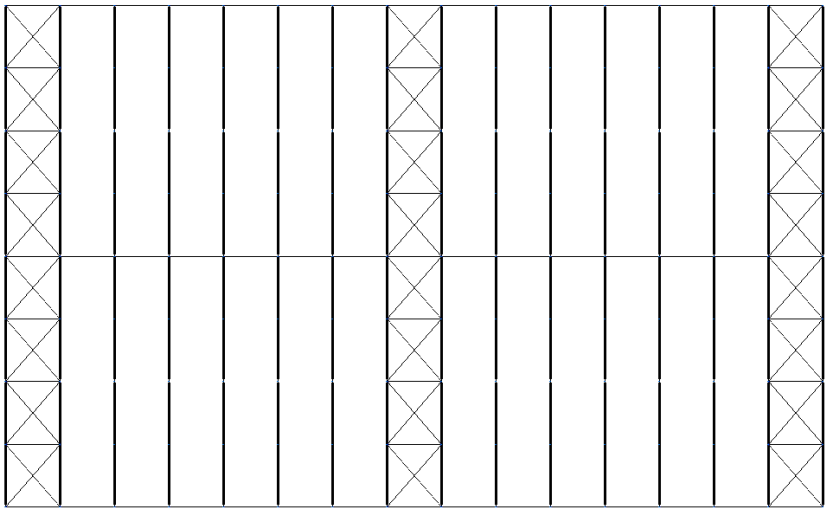


*Figura 50. CSA para arriostramiento central en cubierta*

## 5. Coeficientes de pandeo y flecha límite

Los valores empleados para los cálculos de la estructura se recogen en la siguiente tabla:

| **Coeficientes de Pandeo y Fecha límite** | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Elemento** | | **Pandeo** | | **Flecha Límite** |
| | | **Plano del Pórtico** | **Plano Perpendicular al pórtico** | |
| **Pórtico de fachada** | **Pilar** | β = 0,7 | β = 0,7 | L/300 |
| | **Jácena** | β = 1 | β = 0,7 | L/300 |
| | **Tirante** | β = 0 | β = 0 | - |
| **Pórtico interior** | **Pilar** | β = 1,4 | β = 0,7 | L/250 |
| | **Jácena** | β = 1 | β = 0 | L/300 |
| **Viga Contraviento** | **Montante** | β = 1 | β = 1 | - |
| | **Diagonal** | β = 0 | β = 0 | - |
| **Viga Perimetral** | | β = 0 | β = 0 | - |
| **CSA Laterales** | | β = 0 | β = 0 | - |

*Tabla 44. Coeficientes de pandeo y flecha límite*

El coeficiente de pandeo en el plano perpendicular al pórtico toma el valor 0 para el caso de la jácena, esto es debido al arriostramiento que implica el sistema de correas instalado. Además, en elementos como los tirantes que forman las CSA, al tratarse de elementos de arriostramiento su pandeo es nulo.

El coeficiente de pandeo del pilar del pórtico interior en el plano del pórtico puede reestimarse una vez dimensionado el perfil definitivo, puesto que se trata de un pórtico traslacional, y, por lo tanto, un pórtico en el que los desplazamientos tienen una influencia sustancial en los esfuerzos, se obtendrá el coeficiente de pandeo más ajustado con la fórmula siguiente:

$$\beta = \sqrt{\frac{1 - 0{,}2 \cdot (\eta_1 + \eta_2) - 0{,}12 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2}{1 - 0{,}8 \cdot (\eta_1 + \eta_2) + 0{,}6 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2}}$$

$$\beta = \sqrt{\frac{1 - 0{,}2 \cdot (\eta_1 + \eta_2) - 0{,}12 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2}{1 - 0{,}8 \cdot (\eta_1 + \eta_2) + 0{,}6 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2}}$$

$$\eta_1 = \frac{E_{pilar} \cdot I_{y,pilar}/L_{pilar}}{E_{pilar} \cdot \frac{I_{y,pilar}}{L_{pilar}} + 1{,}5 \cdot E_{viga} \cdot I_{y,viga}/L_{viga}}$$

$$\eta_1 = \frac{\frac{1}{6{,}5}}{\frac{1}{6{,}5} + 1{,}5 \cdot \frac{1}{23}} = 0{,}702$$

$$\eta_2 = 0$$

$$\beta = \sqrt{\frac{1 - 0{,}2 \cdot (0,,702)}{1 - 0{,}8 \cdot (0{,}702)}} = 1{,}402$$

Con lo que se concluye que el valor considerado de 1,40 para el pandeo del pilar es válido para el dimensionado.

Por otro lado, se debe destacar que el pandeo lateral se ha anulado para todas las barras de la estructura. De este modo se evitan deformaciones de la estructura.

## 6. Placas de anclaje y cimentaciones

Para el cálculo de las placas de anclaje se han considerado la existencia de dos tipos, las primeras serán las que corresponden a los pórticos interiores y las placas de anclaje de los pórticos de fachada.

Ambas han sido dimensionadas con un espesor de placa de 22 mm puesto que se trata de un espesor usual en edificación.

Se han configurado cartelas para asegurar la rigidez y resistencia de la placa base. Tanto la placa como las cartelas serán de acero S275-JR.

En cuanto a los pernos, se dimensiona el número que cumpla con las necesidades de seguridad y resistencia y para ambas placas las patillas se disponen a 90º.

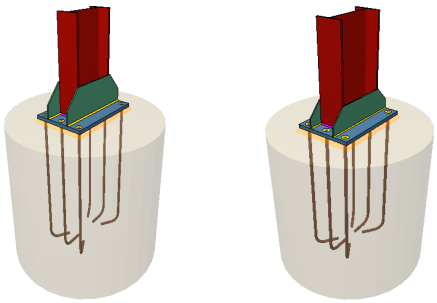


*Figura 51. Placas de anclaje dimensionadas*

En cuanto a las zapatas empleadas, se diferenciarán tres tipos diferentes, diferenciando entre los pilares exteriores de los pórticos interiores (tipo 1), los pilares centrales de la nave (tipo 2) y los pilares de las esquinas de los pórticos (tipo 3).

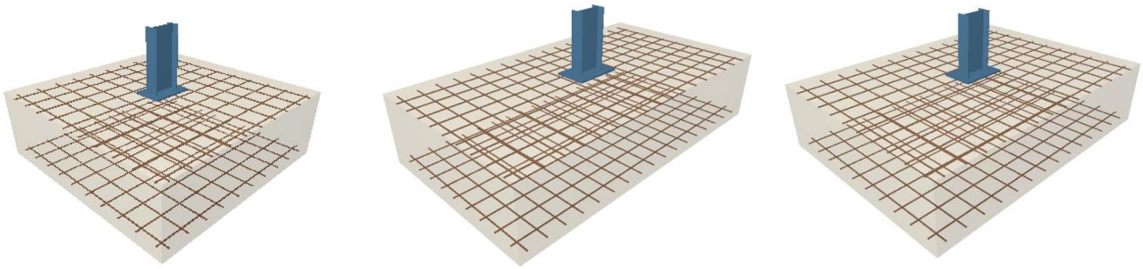


*Figura 52. Zapatas diseñadas*

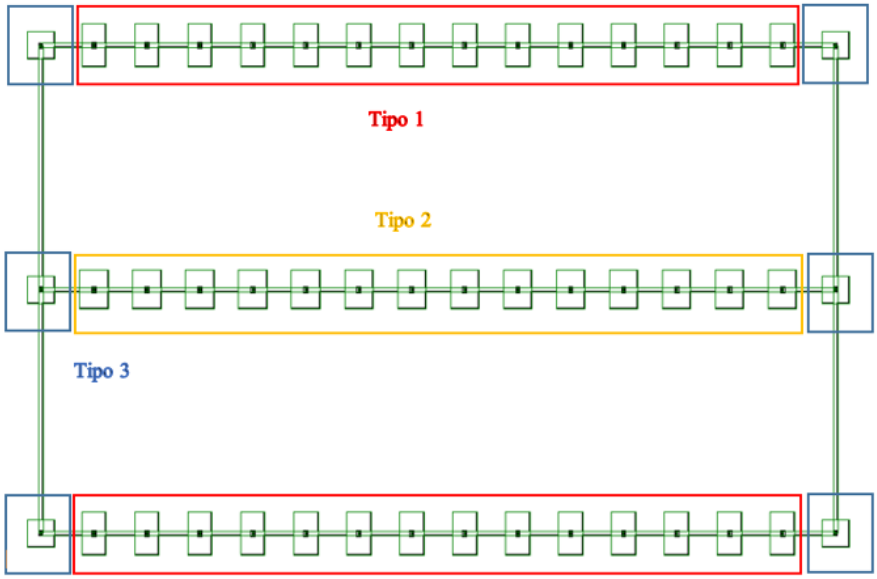



*Figura 53. Tipos de zapatas en la cimentación*

# 7. Comprobaciones

## 7.1. Correas

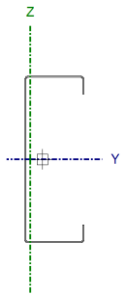
| Datos de correas de cubierta | |
|---|---|
| Descripción de correas | Parámetros de cálculo |
| Tipo de perfil: CF-225x2.5 | Límite flecha: L / 300 |
| Separación: 1.50 m | Número de vanos: Un vano |
| Tipo de Acero: S235 | Tipo de fijación: Fijación rígida |

Comprobación de resistencia

| Comprobación de resistencia |
|---|
| El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones. |
| Aprovechamiento: 69.09 % |

Barra pésima en cubierta

**Perfil: CF-225x2.5**
**Material: S235**




| Nudos | | Longitud (m) | Características mecánicas | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Inicial | Final | | Área (cm²) | $I_y$(1) (cm4) | $I_z$(1) (cm4) | $I_t$(2) (cm4) | $y_g$(3) (mm) | $z_g$(3) (mm) |
| 22.253, 0.000, 6.566 | 22.253, 5.000, 6.566 | 5.000 | 10.46 | 806.27 | 90.72 | 0.22 | -16.21 | 0.00 |

*Notas:*
*(1) Inercia respecto al eje indicado*
*(2) Momento de inercia a torsión uniforme*
*(3) Coordenadas del centro de gravedad*

| | Pandeo | | Pandeo lateral | |
|---|---|---|---|---|
| | Plano XY | Plano XZ | Ala sup. | Ala inf. |
| β | 0.00 | 1.00 | 0.00 | 0.00 |
| $L_K$ | 0.000 | 5.000 | 0.000 | 0.000 |
| $C_1$ | - | | 1.000 | |

*Notación:*
*β: Coeficiente de pandeo*
*$L_K$: Longitud de pandeo (m)*
*$C_1$: Factor de modificación para el momento crítico*

| Barra | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) | | | | | | | | | | | | | Estado |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | b / t | $\bar{\lambda}$ | $N_t$ | $N_c$ | $M_y$ | $M_z$ | $M_yM_z$ | $V_y$ | $V_z$ | $N_tM_yM_z$ | $N_cM_yM_z$ | $NM_yM_zV_yV_z$ | $M_tNM_yM_zV_yV_z$ | |
| pésima en cubierta | b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple | N.P.(1) | N.P.(2) | N.P.(3) | x: 2.5 m η = 69.1 | N.P.(4) | N.P.(5) | N.P.(6) | x: 0 m η = 14.5 | N.P.(7) | N.P.(8) | N.P.(9) | N.P.(10) | **CUMPLE η = 69.1** |

*Notación:*
*b / t: Relación anchura / espesor*
*$\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez*
*$N_t$: Resistencia a tracción*
*$N_c$: Resistencia a compresión*
*$M_y$: Resistencia a flexión. Eje Y*
*$M_z$: Resistencia a flexión. Eje Z*
*$M_yM_z$: Resistencia a flexión biaxial*
*$V_y$: Resistencia a corte Y*
*$V_z$: Resistencia a corte Z*
*$N_tM_yM_z$: Resistencia a tracción y flexión*
*$N_cM_yM_z$: Resistencia a compresión y flexión*
*$NM_yM_zV_yV_z$: Resistencia a cortante, axil y flexión*
*$M_tNM_yM_zV_yV_z$: Resistencia a torsión combinada con axil, flexión y cortante*
*x: Distancia al origen de la barra*
*η: Coeficiente de aprovechamiento (%)*
*N.P.: No procede*

| Barra | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) | | | | | | | | | | | | | Estado |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | b / t | $\bar{\lambda}$ | $N_t$ | $N_c$ | $M_y$ | $M_z$ | $M_yM_z$ | $V_y$ | $V_z$ | $N_tM_yM_z$ | $N_cM_yM_z$ | $NM_yM_zV_yV_z$ | $M_tNM_yM_zV_yV_z$ | |

*Comprobaciones que no proceden (N.P.):*
*(1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión ni de tracción.*
*(2) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.*
*(3) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.*
*(4) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.*
*(5) La comprobación no procede, ya que no hay flexión biaxial para ninguna combinación.*
*(6) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.*
*(7) No hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.*
*(8) No hay interacción entre axil de compresión y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.*
*(9) No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.*
*(10) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.*

**Relación anchura / espesor** (CTE DB SE-A, Tabla 5.5 y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 5.2)

Se debe satisfacer:

**h / t** : ***86.0*** ✓

**b / t** : ***28.0*** ✓

**c / t** : ***8.0*** ✓

Los rigidizadores proporcionan suficiente rigidez, ya que se cumple:

**c / b** : *0.286*

Donde:

**h**: Altura del alma. **h** : *215.00* mm

**b**: Ancho de las alas. **b** : *70.00* mm

**c**: Altura de los rigidizadores. **c** : *20.00* mm

**t**: Espesor. **t** : *2.50* mm

Nota: Las dimensiones no incluyen el acuerdo entre elementos.

**Limitación de esbeltez** (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión ni de tracción.

**Resistencia a tracción** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.2)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

**Resistencia a compresión** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

**Resistencia a flexión. Eje Y** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.4.1)

Se debe satisfacer:

η : **0.691** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.500 m del nudo 22.253, 0.000, 6.566, para la combinación de acciones 1.35*G1 + 1.35*G2 + 0.75*N(R) 1 + 1.50*V H3.

**$M_{y,Ed}$**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **$M_{y,Ed}^{+}$** : *10.55* kN·m

Para flexión negativa:

**$M_{y,Ed}$**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **$M_{y,Ed}^{-}$** : *0.00* kN·m

La resistencia de cálculo a flexión **$M_{c,Rd}$** viene dada por:

**$M_{c,Rd}$** : *15.27* kN·m

Donde:

**$W_{eff}$**: Módulo resistente eficaz correspondiente a la fibra de mayor tensión. **$W_{eff}$** : *68.21* cm³

**$f_{yb}$**: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **$f_{yb}$** : *235.00* MPa

**$\gamma_{M0}$**: Coeficiente parcial de seguridad del material. **$\gamma_{M0}$** : *1.05*

**Resistencia a pandeo lateral del ala superior:** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.2.4)

La comprobación a pandeo lateral no procede, ya que la longitud de pandeo lateral es nula.

**Resistencia a pandeo lateral del ala inferior:** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.2.4)

La comprobación a pandeo lateral no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a flexión. Eje Z** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.4.1)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a flexión biaxial** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.4.1)

La comprobación no procede, ya que no hay flexión biaxial para ninguna combinación.

**Resistencia a corte Y** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.5)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

**Resistencia a corte Z** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.5)

Se debe satisfacer:

η : **0.145** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 22.253, 0.000, 6.566, para la combinación de acciones 1.35*G1 + 1.35*G2 + 0.75*N(R) 1 + 1.50*V H3.

**$V_{Ed}$**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **$V_{Ed}$** : *8.44* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{b,Rd}$** viene dado por:

**$V_{b,Rd}$** : *58.01* kN

Donde:

**$h_w$**: Altura del alma. **$h_w$** : *220.30* mm

**t**: Espesor. **t** : *2.50* mm

**ϕ**: Ángulo que forma el alma con la horizontal. **ϕ** : *90.0* grados

**$f_{bv}$**: Resistencia a cortante, teniendo en cuenta el pandeo.

**$f_{bv}$** : *110.59* MPa

Siendo:

**$\bar{\lambda}_w$**: Esbeltez relativa del alma.

**$\bar{\lambda}_w$** : *1.02*

Donde:

**$f_{yb}$**: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **$f_{yb}$** : *235.00* MPa

**E**: Módulo de elasticidad. **E** : *210000.00* MPa

**$\gamma_{M0}$**: Coeficiente parcial de seguridad del material. **$\gamma_{M0}$** : *1.05*

**Resistencia a tracción y flexión** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículos 6.1.8 y 6.3)

No hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a compresión y flexión** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículos 6.1.9 y 6.2.5)

No hay interacción entre axil de compresión y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a cortante, axil y flexión** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.10)

No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a torsión combinada con axil, flexión y cortante** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

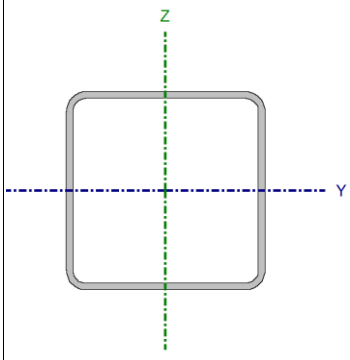
Comprobación de flecha

| Comprobación de flecha |
|---|
| El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones.<br>Porcentajes de aprovechamiento:<br>- Flecha: 92.51 % |

## 7.2. Viga perimetral

Barra N98/N106

**Perfil: #80x3**
**Material: Acero (S275)**




| Nudos | | Longitud (m) | Características mecánicas | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Inicial | Final | | Área (cm²) | $I_y$(1) (cm4) | $I_z$(1) (cm4) | $I_t$(2) (cm4) |
| N98 | N106 | 5.000 | 8.90 | 85.92 | 85.92 | 140.54 |

*Notas:*
*(1) Inercia respecto al eje indicado*
*(2) Momento de inercia a torsión uniforme*

| | Pandeo | | Pandeo lateral | |
|---|---|---|---|---|
| | Plano XY | Plano XZ | Ala sup. | Ala inf. |
| β | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| $L_K$ | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| $C_m$ | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| $C_1$ | - | | 1.000 | |

*Notación:*
*β: Coeficiente de pandeo*
*$L_K$: Longitud de pandeo (m)*
*$C_m$: Coeficiente de momentos*
*$C_1$: Factor de modificación para el momento crítico*

**Limitación de esbeltez** (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$ < ***0.01*** ✓

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *1*

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *8.90* cm²

**$f_y$**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **$f_y$** : *275.00* MPa

**$N_{cr}$**: Axil crítico elástico de pandeo mínimo, teniendo en cuenta que las longitudes de pandeo son nulas. **$N_{cr}$** : ∞

**Abolladura del alma inducida por el ala comprimida** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

**24.67 ≤ 311.60** ✓

Donde:

| | | | |
|---|---|---|---|
| $\mathbf{h_w}$: Altura del alma. | $\mathbf{h_w}$ : | *74.00* | mm |
| $\mathbf{t_w}$: Espesor del alma. | $\mathbf{t_w}$ : | *3.00* | mm |
| $\mathbf{A_w}$: Área del alma. | $\mathbf{A_w}$ : | *4.44* | cm² |
| $\mathbf{A_{fc,ef}}$: Área reducida del ala comprimida. | $\mathbf{A_{fc,ef}}$ : | *2.40* | cm² |
| **k**: Coeficiente que depende de la clase de la sección. | **k** : | *0.30* | |
| **E**: Módulo de elasticidad. | **E** : | *210000* | MPa |
| $\mathbf{f_{yf}}$: Límite elástico del acero del ala comprimida. | $\mathbf{f_{yf}}$ : | *275.00* | MPa |

Siendo:

**Resistencia a tracción** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$\eta$ : ***0.010*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·VH1+0.75·N(EI).

$\mathbf{N_{t,Ed}}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{N_{t,Ed}}$ : *2.43* kN

La resistencia de cálculo a tracción $\mathbf{N_{t,Rd}}$ viene dada por:

$\mathbf{N_{t,Rd}}$ : *233.03* kN

Donde:

| | | | |
|---|---|---|---|
| **A**: Área bruta de la sección transversal de la barra. | **A** : | *8.90* | cm² |
| $\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. | $\mathbf{f_{yd}}$ : | *261.90* | MPa |

Siendo:

| | | | |
|---|---|---|---|
| $\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) | $\mathbf{f_y}$ : | *275.00* | MPa |
| $\gamma_{M0}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. | $\gamma_{M0}$ : | *1.05* | |

**Resistencia a compresión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$\eta$ : ***0.010*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·VH4.

**$N_{c,Ed}$**: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **$N_{c,Ed}$** : *2.28* kN

La resistencia de cálculo a compresión **$N_{c,Rd}$** viene dada por:

**$N_{c,Rd}$** : *233.03* kN

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *1*

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *8.90* cm²

**$f_{yd}$**: Resistencia de cálculo del acero. **$f_{yd}$** : *261.90* MPa

Siendo:

**$f_y$**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **$f_y$** : *275.00* MPa

**$\gamma_{M0}$**: Coeficiente parcial de seguridad del material. **$\gamma_{M0}$** : *1.05*

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo son nulas.

**Resistencia a flexión eje Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$\eta$ : ***0.044*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.500 m del nudo N98, para la combinación de acciones 1.35·PP.

**$M_{Ed}^+$**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **$M_{Ed}^+$** : *0.29* kN·m

Para flexión negativa:

**$M_{Ed}^-$**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **$M_{Ed}^-$** : *0.00* kN·m

El momento flector resistente de cálculo **$M_{c,Rd}$** viene dado por:

**$M_{c,Rd}$** : *6.63* kN·m

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *1*

**$W_{pl,y}$**: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. **$W_{pl,y}$** : *25.32* cm³

**$f_{yd}$**: Resistencia de cálculo del acero. **$f_{yd}$** : *261.90* MPa

Siendo:

$f_y$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — $f_y$ : *275.00* MPa

$\gamma_{M0}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. — $\gamma_{M0}$ : *1.05*

**Resistencia a flexión eje Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a corte Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$\eta$ : ***0.003*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N98, para la combinación de acciones 1.35·PP.

$V_{Ed}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. — $V_{Ed}$ : *0.23* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$V_{c,Rd}$ : *67.14* kN

Donde:

$A_v$: Área transversal a cortante. — $A_v$ : *4.44* cm²

Siendo:

$d$: Altura del alma. — $d$ : *74.00* mm

$t_w$: Espesor del alma. — $t_w$ : *3.00* mm

$f_{yd}$: Resistencia de cálculo del acero. — $f_{yd}$ : *261.90* MPa

Siendo:

$f_y$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — $f_y$ : *275.00* MPa

$\gamma_{M0}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. — $\gamma_{M0}$ : *1.05*

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

**24.67** < **64.71** ✓

Donde:

$\lambda_w$: Esbeltez del alma. $\lambda_w$ : *24.67*

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{máx}$ : *64.71*

$\varepsilon$: Factor de reducción. $\varepsilon$ : *0.92*

Siendo:

$f_{ref}$: Límite elástico de referencia. $f_{ref}$ : *235.00* MPa

$f_y$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y$ : *275.00* MPa

**Resistencia a corte Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $V_{Ed}$ no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

**0.20 kN ≤ 33.57 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.313 m del nudo N98, para la combinación de acciones 1.35·PP.

$V_{Ed}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed}$ : *0.20* kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd}$ : *67.14* kN

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a flexión y axil combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$\eta$ : ***0.054*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 2.500 m del nudo N98, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·VH1+0.75·N(EI).

Donde:

| | | | |
|---|---|---|---|
| **$N_{t,Ed}$**: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. | **$N_{t,Ed}$** : | *2.43* | kN |
| **$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$**: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. | **$M_{y,Ed}^{+}$** : | *0.29* | kN·m |
| | **$M_{z,Ed}^{+}$** : | *0.00* | kN·m |
| **Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple. | **Clase** : | *1* | |
| **$N_{pl,Rd}$**: Resistencia a tracción. | **$N_{pl,Rd}$** : | *233.03* | kN |
| **$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$**: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente. | **$M_{pl,Rd,y}$** : | *6.63* | kN·m |
| | **$M_{pl,Rd,z}$** : | *6.63* | kN·m |

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.1)

No procede, dado que tanto las longitudes de pandeo como las longitudes de pandeo lateral son nulas.

**Resistencia a flexión, axil y cortante combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **$V_{Ed}$** es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$**.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.313 m del nudo N98, para la combinación de acciones 1.35·PP.

**0.20 kN ≤ 33.57 kN** ✓

Donde:

| | | | |
|---|---|---|---|
| **$V_{Ed,z}$**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. | **$V_{Ed,z}$** : | *0.20* | kN |
| **$V_{c,Rd,z}$**: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. | **$V_{c,Rd,z}$** : | *67.14* | kN |

**Resistencia a torsión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

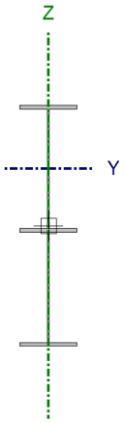
No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

## 7.3. Pórtico de Fachada

### *7.3.1. Jácena*

Barra N122/N132

**Perfil: IPE 400, Simple con cartelas (Cartela inicial inferior: 2.00 m. Cartela final inferior: 2.00 m.)**
**Material: Acero (S275)**




| Nudos | | Longitud (m) | Características mecánicas(1) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Inicial | Final | | Área (cm²) | $I_y$(2) (cm4) | $I_z$(2) (cm4) | $I_t$(3) (cm4) | $y_g$(4) (mm) | $z_g$(4) (mm) |
| N122 | N132 | 5.750 | 138.25 | 97266.17 | 1975.92 | 73.12 | 0.00 | 177.99 |

*Notas:*
*(1) Las características mecánicas y el dibujo mostrados corresponden a la sección inicial del perfil (N122)*
*(2) Inercia respecto al eje indicado*
*(3) Momento de inercia a torsión uniforme*
*(4) Coordenadas del centro de gravedad*

| | Pandeo | | Pandeo lateral | |
|---|---|---|---|---|
| | Plano XY | Plano XZ | Ala sup. | Ala inf. |
| β | 0.00 | 1.00 | 0.00 | 0.00 |
| $L_K$ | 0.000 | 5.750 | 0.000 | 0.000 |
| $C_m$ | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| $C_1$ | - | | 1.000 | |

*Notación:*
*β: Coeficiente de pandeo*
*$L_K$: Longitud de pandeo (m)*
*$C_m$: Coeficiente de momentos*
*$C_1$: Factor de modificación para el momento crítico*

**Limitación de esbeltez** (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$ : ***0.40*** ✓

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *3*

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *84.50* cm²

**$f_y$**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **$f_y$** : *275.00* MPa

**$N_{cr}$**: Axil crítico de pandeo elástico. **$N_{cr}$** : *14499.70* kN

El axil crítico de pandeo elástico **$N_{cr}$** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. **$N_{cr,y}$** : *14499.70* kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. **$N_{cr,z}$** : ∞

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. $N_{cr,T}$ : ∞

Donde:

| | | | |
|---|---|---|---|
| $I_y$: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. | $I_y$ : | 23130.00 | cm4 |
| $I_z$: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. | $I_z$ : | 1318.00 | cm4 |
| $I_t$: Momento de inercia a torsión uniforme. | $I_t$ : | 51.10 | cm4 |
| $I_w$: Constante de alabeo de la sección. | $I_w$ : | 490000.00 | cm6 |
| **E**: Módulo de elasticidad. | **E** : | 210000 | MPa |
| **G**: Módulo de elasticidad transversal. | **G** : | 81000 | MPa |
| $L_{ky}$: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y. | $L_{ky}$ : | 5.750 | m |
| $L_{kz}$: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z. | $L_{kz}$ : | 0.000 | m |
| $L_{kt}$: Longitud efectiva de pandeo por torsión. | $L_{kt}$ : | 0.000 | m |
| $i_0$: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión. | $i_0$ : | 17.01 | cm |

Siendo:

| | | | |
|---|---|---|---|
| $i_y$ , $i_z$: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z. | $i_y$ : | 16.54 | cm |
| | $i_z$ : | 3.95 | cm |
| $y_0$ , $z_0$: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección. | $y_0$ : | 0.00 | mm |
| | $z_0$ : | 0.00 | mm |

**<u>Abolladura del alma inducida por el ala comprimida</u>** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$77.49 \leq 351.83 \checkmark$$

Donde:

| | | | |
|---|---|---|---|
| $h_w$: Altura del alma. | $h_w$ : | 666.45 | mm |
| $t_w$: Espesor del alma. | $t_w$ : | 8.60 | mm |
| $A_w$: Área del alma. | $A_w$ : | 57.31 | cm² |
| $A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida. | $A_{fc,ef}$ : | 24.30 | cm² |
| **k**: Coeficiente que depende de la clase de la sección. | **k** : | 0.30 | |
| **E**: Módulo de elasticidad. | **E** : | 210000 | MPa |
| $f_{yf}$: Límite elástico del acero del ala comprimida. | $f_{yf}$ : | 275.00 | MPa |

Siendo:

**Resistencia a tracción** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$\eta$ : ***0.016*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.165 m del nudo N122, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·VH6.

**$N_{t,Ed}$**: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. **$N_{t,Ed}$** : *35.95* kN

La resistencia de cálculo a tracción **$N_{t,Rd}$** viene dada por:

**$N_{t,Rd}$** : *2213.10* kN

Donde:

**A**: Área bruta de la sección transversal de la barra. **A** : *84.50* cm²

**$f_{yd}$**: Resistencia de cálculo del acero. **$f_{yd}$** : *261.90* MPa

Siendo:

**$f_y$**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **$f_y$** : *275.00* MPa

**$\gamma_{M0}$**: Coeficiente parcial de seguridad del material. **$\gamma_{M0}$** : *1.05*

**Resistencia a compresión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$\eta$ : ***0.028*** ✓

$\eta$ : ***0.029*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.165 m del nudo N122, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·VH3+0.75·N(EI).

**$N_{c,Ed}$**: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **$N_{c,Ed}$** : *61.87* kN

La resistencia de cálculo a compresión **$N_{c,Rd}$** viene dada por:

$N_{c,Rd}$ : *2213.10* kN

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. — **Clase** : *3*

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. — **A** : *84.50* cm²

$f_{yd}$: Resistencia de cálculo del acero. — $f_{yd}$ : *261.90* MPa

Siendo:

$f_y$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — $f_y$ : *275.00* MPa

$\gamma_{M0}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. — $\gamma_{M0}$ : *1.05*

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo $N_{b,Rd}$ en una barra comprimida viene dada por:

$N_{b,Rd}$ : *2108.41* kN

Donde:

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. — **A** : *84.50* cm²

$f_{yd}$: Resistencia de cálculo del acero. — $f_{yd}$ : *261.90* MPa

Siendo:

$f_y$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — $f_y$ : *275.00* MPa

$\gamma_{M1}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. — $\gamma_{M1}$ : *1.05*

$\chi$: Coeficiente de reducción por pandeo.

$\chi_y$ : *0.95*

Siendo:

$\phi_y$ : *0.60*

$\alpha$: Coeficiente de imperfección elástica. — $\alpha_y$ : *0.21*

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$\bar{\lambda}_y$ : *0.40*

$N_{cr}$: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores: — $N_{cr}$ : *14499.70* kN

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. — $N_{cr,y}$ : *14499.70* kN

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. — $N_{cr,z}$ : $\infty$

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión. — $N_{cr,T}$ : $\infty$

**Resistencia a flexión eje Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$\eta$ : ***0.295*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.166 m del nudo N122, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·VH6.

**$M_{Ed}^+$**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **$M_{Ed}^+$** : *127.73* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.166 m del nudo N122, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·VH3+0.75·N(EI).

**$M_{Ed}^-$**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **$M_{Ed}^-$** : *205.71* kN·m

El momento flector resistente de cálculo **$M_{c,Rd}$** viene dado por:

**$M_{c,Rd}^+$** : *698.32* kN·m

**$M_{c,Rd}^-$** : *698.32* kN·m

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **$Clase^+$** : *3* **$Clase^-$** : *4*

**$W_{el,y}^+$**: Módulo resistente elástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 3. **$W_{el,y}^+$** : *2666.31* cm³

**$W_{ef,y}^-$**: Módulo resistente elástico de la sección eficaz correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 4. **$W_{ef,y}^-$** : *2666.31* cm³

**$f_{yd}$**: Resistencia de cálculo del acero. **$f_{yd}$** : *261.90* MPa

Siendo:

**$f_y$**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **$f_y$** : *275.00* MPa

**$\gamma_{M0}$**: Coeficiente parcial de seguridad del material. **$\gamma_{M0}$** : *1.05*

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

**Resistencia a flexión eje Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$\eta$ : ***0.001*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N132, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·VH3+0.75·N(R)2.

**$M_{Ed}^+$**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **$M_{Ed}^+$** : *0.06* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N132, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·VH6.

**$M_{Ed}^-$**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **$M_{Ed}^-$** : *0.05* kN·m

El momento flector resistente de cálculo **$M_{c,Rd}$** viene dado por:

**$M_{c,Rd}$** : *59.98* kN·m

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *1*

**$W_{pl,z}$**: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. **$W_{pl,z}$** : *229.00* cm³

**$f_{yd}$**: Resistencia de cálculo del acero. **$f_{yd}$** : *261.90* MPa

Siendo:

**$f_y$**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **$f_y$** : *275.00* MPa

**$\gamma_{M0}$**: Coeficiente parcial de seguridad del material. **$\gamma_{M0}$** : *1.05*

**<u>Resistencia a corte Z</u>** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$\eta$ : ***0.089*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.041 m del nudo N122, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·VH3+0.75·N(EI).

**$V_{Ed}$**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **$V_{Ed}$** : *50.35* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$** viene dado por:

**$V_{c,Rd}$** : *568.05* kN

Donde:

**$A_v$**: Área transversal a cortante. **$A_v$** : *37.57* cm²

**$f_{yd}$**: Resistencia de cálculo del acero. **$f_{yd}$** : *261.90* MPa

Siendo:

$f_y$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — $f_y$ : *275.00* MPa

$\gamma_{M0}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. — $\gamma_{M0}$ : *1.05*

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

**38.49** < **64.71** ✓

Donde:

$\lambda_w$: Esbeltez del alma. — $\lambda_w$ : *38.49*

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. — $\lambda_{máx}$ : *64.71*

$\varepsilon$: Factor de reducción. — $\varepsilon$ : *0.92*

Siendo:

$f_{ref}$: Límite elástico de referencia. — $f_{ref}$ : *235.00* MPa

$f_y$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — $f_y$ : *275.00* MPa

**Resistencia a corte Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$\eta$ < ***0.001*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.165 m del nudo N122, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·VH6.

$V_{Ed}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. — $V_{Ed}$ : *0.01* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$V_{c,Rd}$ : *792.68* kN

Donde:

$A_v$: Área transversal a cortante. — $A_v$ : *52.42* cm²

Siendo:

**A**: Área de la sección bruta. **A** : *84.50* cm²

**d**: Altura del alma. **d** : *373.00* mm

**$t_w$**: Espesor del alma. **$t_w$** : *8.60* mm

**$f_{yd}$**: Resistencia de cálculo del acero. **$f_{yd}$** : *261.90* MPa

Siendo:

**$f_y$**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **$f_y$** : *275.00* MPa

**$\gamma_{M0}$**: Coeficiente parcial de seguridad del material. **$\gamma_{M0}$** : *1.05*

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **$V_{Ed}$** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **$V_{c,Rd}$**.

**62.47 kN** ≤ **509.75 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·VH3+0.75·N(EI).

**$V_{Ed}$**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **$V_{Ed}$** : *62.47* kN

**$V_{c,Rd}$**: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{c,Rd}$** : *1019.50* kN

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **$V_{Ed}$** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **$V_{c,Rd}$**.

**0.01 kN** ≤ **580.06 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·VH6.

**$V_{Ed}$**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **$V_{Ed}$** : *0.01* kN

**$V_{c,Rd}$**: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{c,Rd}$** : *1160.12* kN

**Resistencia a flexión y axil combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$\eta$ : ***0.308*** ✓

$\eta$ : ***0.311*** ✓

$\eta$ : ***0.196*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 2.167 m del nudo N122, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·VH3+0.75·N(EI).

Donde:

**$N_{c,Ed}$**: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. — $N_{c,Ed}$ : *58.51* kN

**$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$**: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. — $M_{y,Ed}^-$ : *96.20* kN·m; $M_{z,Ed}^+$ : *0.02* kN·m

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple. — **Clase** : *1*

**$N_{pl,Rd}$**: Resistencia a compresión de la sección bruta. — $N_{pl,Rd}$ : *2213.10* kN

**$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$**: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente. — $M_{pl,Rd,y}$ : *342.31* kN·m; $M_{pl,Rd,z}$ : *59.98* kN·m

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

**A**: Área de la sección bruta. — **A** : *84.50* cm²

**$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$**: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. — $W_{pl,y}$ : *1307.00* cm³; $W_{pl,z}$ : *229.00* cm³

**$f_{yd}$**: Resistencia de cálculo del acero. — $f_{yd}$ : *261.90* MPa

Siendo:

**$f_y$**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — $f_y$ : *275.00* MPa

$\gamma_{M1}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. — $\gamma_{M1}$ : *1.05*

**$k_y$, $k_z$**: Coeficientes de interacción.

$k_y$ : *1.01*

$k_z$ : *1.00*

**$C_{m,y}$, $C_{m,z}$**: Factores de momento flector uniforme equivalente. — $C_{m,y}$ : *1.00*; $C_{m,z}$ : *1.00*

$\chi_y$, $\chi_z$: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$\chi_y$ : *0.95*
$\chi_z$ : *1.00*

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$\bar{\lambda}_y$ : *0.40*
$\bar{\lambda}_z$ : *0.00*

$\alpha_y$, $\alpha_z$: Factores dependientes de la clase de la sección.

$\alpha_y$ : *0.60*
$\alpha_z$ : *0.60*

**Resistencia a flexión, axil y cortante combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·VH3+0.75·N(EI).

**62.47 kN ≤ 509.28 kN** ✓

Donde:

$\mathbf{V_{Ed,z}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed,z}}$ : *62.47* kN

$\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd,z}}$ : *1018.55* kN

**Resistencia a torsión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$\eta$ : ***0.004*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.167 m del nudo N122, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·VH3+0.75·N(R)2.

$\mathbf{M_{T,Ed}}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{T,Ed}}$ : *0.02* kN·m

El momento torsor resistente de cálculo $\mathbf{M_{T,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{M_{T,Rd}}$ : *5.72* kN·m

Donde:

$\mathbf{W_T}$: Módulo de resistencia a torsión. $\mathbf{W_T}$ : *37.85* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$ : *261.90* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$ : *275.00* MPa

$\gamma_{M0}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0}$ : *1.05*

**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$\eta$ : ***0.089*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 2.041 m del nudo N122, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·VH3+0.75·N(EI).

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$ : *50.35* kN

$\mathbf{M_{T,Ed}}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{T,Ed}}$ : *0.02* kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $\mathbf{V_{pl,T,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{V_{pl,T,Rd}}$ : *567.46* kN

Donde:

$\mathbf{V_{pl,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{pl,Rd}}$ : *568.05* kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed}$ : *0.39* MPa

Siendo:

$\mathbf{W_T}$: Módulo de resistencia a torsión. $\mathbf{W_T}$ : *49.15* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$ : *261.90* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$ : *275.00* MPa

$\gamma_{M0}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0}$ : *1.05*

**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$\eta$ < ***0.001*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 2.165 m del nudo N122, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·VH6.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$ : *0.01* kN

$\mathbf{M_{T,Ed}}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{T,Ed}}$ : *0.02* kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $\mathbf{V_{pl,T,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{V_{pl,T,Rd}}$ : *791.68* kN

Donde:

$\mathbf{V_{pl,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{pl,Rd}}$ : *792.68* kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed}$ : *0.48* MPa

Siendo:

$\mathbf{W_T}$: Módulo de resistencia a torsión. $\mathbf{W_T}$ : *37.85* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$ : *261.90* MPa

Siendo:

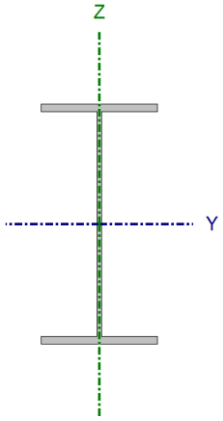
$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$ : *275.00* MPa

$\gamma_{M0}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0}$ : *1.05*

### *7.3.2. Pilar de fachada*

Barra N121/N122

**Perfil: IPE 330, Simple con cartelas (Cartela final superior: 2.00 m.)**
**Material: Acero (S275)**




| Nudos | | Longitud (m) | Características mecánicas(1) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Inicial | Final | | Área (cm²) | $I_y$(2) (cm4) | $I_z$(2) (cm4) | $I_t$(3) (cm4) |
| N121 | N122 | 6.500 | 62.60 | 11770.00 | 788.00 | 28.20 |

*Notas:*
*(1) Las características mecánicas y el dibujo mostrados corresponden a la sección inicial del perfil (N121)*
*(2) Inercia respecto al eje indicado*
*(3) Momento de inercia a torsión uniforme*

| | Pandeo | | Pandeo lateral | |
|---|---|---|---|---|
| | Plano XY | Plano XZ | Ala sup. | Ala inf. |
| β | 0.70 | 0.70 | 0.00 | 0.00 |
| $L_K$ | 4.550 | 4.550 | 0.000 | 0.000 |
| $C_m$ | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| $C_1$ | - | | 1.000 | |

*Notación:*
*β: Coeficiente de pandeo*
*$L_K$: Longitud de pandeo (m)*
*$C_m$: Coeficiente de momentos*
*$C_1$: Factor de modificación para el momento crítico*

-

**Limitación de esbeltez** (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$ : ***1.55*** ✓

Donde:

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. | **Clase** : | *3* | |
| **A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. | **A** : | *103.89* | cm² |
| $f_y$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) | $f_y$ : | *275.00* | MPa |
| $N_{cr}$: Axil crítico de pandeo elástico. | $N_{cr}$ : | *1182.96* | kN |

El axil crítico de pandeo elástico $N_{cr}$ es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

| | | | |
|---|---|---|---|
| a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. | $N_{cr,y}$ : | *53661.37* | kN |
| b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. | $N_{cr,z}$ : | *1182.96* | kN |
| c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. | $N_{cr,T}$ : | ∞ | |

Donde:

| | | | |
|---|---|---|---|
| $I_y$: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. | $I_y$ : | *53600.09* | cm4 |
| $I_z$: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. | $I_z$ : | *1181.61* | cm4 |
| $I_t$: Momento de inercia a torsión uniforme. | $I_t$ : | *40.60* | cm4 |
| $I_w$: Constante de alabeo de la sección. | $I_w$ : | *794193.64* | cm6 |
| **E**: Módulo de elasticidad. | **E** : | *210000* | MPa |
| **G**: Módulo de elasticidad transversal. | **G** : | *81000* | MPa |
| $L_{ky}$: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y. | $L_{ky}$ : | *4.550* | m |
| $L_{kz}$: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z. | $L_{kz}$ : | *4.550* | m |
| $L_{kt}$: Longitud efectiva de pandeo por torsión. | $L_{kt}$ : | *0.000* | m |
| $i_0$: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión. | $i_0$ : | *22.96* | cm |

Siendo:

| | | | |
|---|---|---|---|
| $i_y$ , $i_z$: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z. | $i_y$ : | *22.71* | cm |
| | $i_z$ : | *3.37* | cm |
| $y_0$ , $z_0$: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección. | $y_0$ : | *0.00* | mm |
| | $z_0$ : | *0.00* | mm |

**<u>Abolladura del alma inducida por el ala comprimida</u>** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

**73.19 ≤ 342.67** ✓

Donde:

| | | | |
|---|---|---|---|
| $h_w$: Altura del alma. | $h_w$ : | *548.92* | mm |
| $t_w$: Espesor del alma. | $t_w$ : | *7.50* | mm |
| $A_w$: Área del alma. | $A_w$ : | *41.17* | cm² |
| $A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida. | $A_{fc,ef}$ : | *18.40* | cm² |
| **k**: Coeficiente que depende de la clase de la sección. | **k** : | *0.30* | |
| **E**: Módulo de elasticidad. | **E** : | *210000* | MPa |
| $f_{yf}$: Límite elástico del acero del ala comprimida. | $f_{yf}$ : | *275.00* | MPa |

Siendo:

-
-

**Resistencia a tracción** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

η : ***0.028*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.300 m del nudo N121, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·VH6.

| | | | |
|---|---|---|---|
| $N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. | $N_{t,Ed}$ : | *45.41* | kN |

La resistencia de cálculo a tracción $N_{t,Rd}$ viene dada por:

$N_{t,Rd}$ : *1639.52* kN

Donde:

| | | | |
|---|---|---|---|
| **A**: Área bruta de la sección transversal de la barra. | **A** : | *62.60* | cm² |
| $f_{yd}$: Resistencia de cálculo del acero. | $f_{yd}$ : | *261.90* | MPa |

Siendo:

| | | | |
|---|---|---|---|
| $f_y$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) | $f_y$ : | *275.00* | MPa |
| - $\gamma_{M0}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. | $\gamma_{M0}$ : | *1.05* | |

**Resistencia a compresión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

η : ***0.048*** ✓

$\eta$ : ***0.137*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N121, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·VH3+0.75·N(EI).

**$N_{c,Ed}$**: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **$N_{c,Ed}$** : *78.50* kN

La resistencia de cálculo a compresión **$N_{c,Rd}$** viene dada por:

**$N_{c,Rd}$** : *1639.52* kN

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *3*

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *62.60* cm²

**$f_{yd}$**: Resistencia de cálculo del acero. **$f_{yd}$** : *261.90* MPa

Siendo:

**$f_y$**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **$f_y$** : *275.00* MPa

$\gamma_{M0}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. **$\gamma_{M0}$** : *1.05*

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo **$N_{b,Rd}$** en una barra comprimida viene dada por:

**$N_{b,Rd}$** : *575.07* kN

Donde:

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *62.60* cm²

**$f_{yd}$**: Resistencia de cálculo del acero. **$f_{yd}$** : *261.90* MPa

Siendo:

**$f_y$**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **$f_y$** : *275.00* MPa

$\gamma_{M1}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. **$\gamma_{M1}$** : *1.05*

$\chi$: Coeficiente de reducción por pandeo.

$\chi_y$ : *0.96*

$\chi_z$ : *0.35*

Siendo:

$\phi_y$ : *0.59*

$\phi_z$ : *1.81*

$\alpha$: Coeficiente de imperfección elástica. $\alpha_y$ : *0.21*

$\alpha_z$ : *0.34*

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$\bar{\lambda}_y$ : *0.38*

$\bar{\lambda}_z$ : *1.48*

$N_{cr}$: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores: $N_{cr}$ : *788.90* kN

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. $N_{cr,y}$ : *11783.46* kN

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. $N_{cr,z}$ : *788.90* kN

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión. $N_{cr,T}$ : $\infty$

-
-

**Resistencia a flexión eje Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$\eta$ : ***0.546*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N121, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·VH6.

$M_{Ed}^+$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $M_{Ed}^+$ : *71.17* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N121, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·VH3+0.75·N(EI).

$M_{Ed}^-$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $M_{Ed}^-$ : *114.97* kN·m

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$M_{c,Rd}$ : *210.57* kN·m

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *1*

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $W_{pl,y}$ : *804.00* cm³

$f_{yd}$: Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd}$ : *261.90* MPa

Siendo:

$f_y$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y$ : *275.00* MPa

$\gamma_{M0}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0}$ : *1.05*

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

**Resistencia a flexión eje Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$\eta$ : ***0.001*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N121, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·VH3+0.75·N(EI).

**$M_{Ed}^+$**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **$M_{Ed}^+$** : *0.06* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N121, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·VH6.

**$M_{Ed}^-$**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **$M_{Ed}^-$** : *0.05* kN·m

El momento flector resistente de cálculo **$M_{c,Rd}$** viene dado por:

**$M_{c,Rd}$** : *40.33* kN·m

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *1*

**$W_{pl,z}$**: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. **$W_{pl,z}$** : *154.00* cm³

**$f_{yd}$**: Resistencia de cálculo del acero. **$f_{yd}$** : *261.90* MPa

Siendo:

**$f_y$**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **$f_y$** : *275.00* MPa

**$\gamma_{M0}$**: Coeficiente parcial de seguridad del material. **$\gamma_{M0}$** : *1.05*

-

**Resistencia a corte Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$\eta$ : ***0.119*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.424 m del nudo N121, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·VH3+0.75·N(EI).

**$V_{Ed}$**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **$V_{Ed}$** : *48.64* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$** viene dado por:

**$V_{c,Rd}$** : *409.06* kN

Donde:

$\mathbf{A_v}$: Área transversal a cortante. $\mathbf{A_v}$ : *27.05* cm²

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$ : *261.90* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$ : *275.00* MPa

$\gamma_{M0}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0}$ : *1.05*

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

**36.13** < **64.71** ✓

Donde:

$\lambda_w$: Esbeltez del alma. $\lambda_w$ : *36.13*

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{máx}$ : *64.71*

$\varepsilon$: Factor de reducción. $\varepsilon$ : *0.92*

Siendo:

$\mathbf{f_{ref}}$: Límite elástico de referencia. $\mathbf{f_{ref}}$ : *235.00* MPa

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$ : *275.00* MPa

**Resistencia a corte Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$\eta$ < ***0.001*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N121, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·VH6.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$ : *0.01* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{c,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{V_{c,Rd}}$ : *598.42* kN

Donde:

**$A_v$**: Área transversal a cortante. **$A_v$** : *39.58* cm²

Siendo:

**A**: Área de la sección bruta. **A** : *62.60* cm²

**d**: Altura del alma. **d** : *307.00* mm

**$t_w$**: Espesor del alma. **$t_w$** : *7.50* mm

**$f_{yd}$**: Resistencia de cálculo del acero. **$f_{yd}$** : *261.90* MPa

Siendo:

**$f_y$**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **$f_y$** : *275.00* MPa

**$\gamma_{M0}$**: Coeficiente parcial de seguridad del material. **$\gamma_{M0}$** : *1.05*

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **$V_{Ed}$** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **$V_{c,Rd}$**.

**52.76 kN** ≤ **232.88 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·VH3+0.75·N(EI).

**$V_{Ed}$**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **$V_{Ed}$** : *52.76* kN

**$V_{c,Rd}$**: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{c,Rd}$** : *465.77* kN

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **$V_{Ed}$** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **$V_{c,Rd}$**.

**0.01 kN** ≤ **299.21 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·VH6.

**$V_{Ed}$**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **$V_{Ed}$** : *0.01* kN

**$V_{c,Rd}$**: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{c,Rd}$** : *598.42* kN

**Resistencia a flexión y axil combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$\eta$ : ***0.595*** ✓

$\eta$ : ***0.602*** ✓

$\eta$ : ***0.469*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N121, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·VH3+0.75·N(EI).

Donde:

| | | | |
|---|---|---|---|
| **$N_{c,Ed}$**: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. | $N_{c,Ed}$ : | *78.50* | kN |
| **$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$**: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. | $M_{y,Ed}^-$ : | *114.97* | kN·m |
| | $M_{z,Ed}^+$ : | *0.06* | kN·m |
| **Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple. | **Clase** : | *1* | |
| **$N_{pl,Rd}$**: Resistencia a compresión de la sección bruta. | $N_{pl,Rd}$ : | *1639.52* | kN |
| **$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$**: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente. | $M_{pl,Rd,y}$ : | *210.57* | kN·m |
| | $M_{pl,Rd,z}$ : | *40.33* | kN·m |

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

| | | | |
|---|---|---|---|
| **A**: Área de la sección bruta. | **A** : | *62.60* | cm² |
| **$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$**: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. | $W_{pl,y}$ : | *804.00* | cm³ |
| | $W_{pl,z}$ : | *154.00* | cm³ |
| **$f_{yd}$**: Resistencia de cálculo del acero. | $f_{yd}$ : | *261.90* | MPa |

Siendo:

| | | | |
|---|---|---|---|
| **$f_y$**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) | $f_y$ : | *275.00* | MPa |
| $\gamma_{M1}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. | $\gamma_{M1}$ : | *1.05* | |

**$k_y$, $k_z$**: Coeficientes de interacción.

$k_y$ : *1.01*

$k_z$ : *1.19*

**$C_{m,y}$, $C_{m,z}$**: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$C_{m,y}$ : *1.00*

$C_{m,z}$ : *1.00*

$\chi_y$, $\chi_z$: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$\chi_y$ : *0.96*
$\chi_z$ : *0.35*

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$\bar{\lambda}_y$ : *0.38*
$\bar{\lambda}_z$ : *1.48*

$\alpha_y$, $\alpha_z$: Factores dependientes de la clase de la sección.

$\alpha_y$ : *0.60*
$\alpha_z$ : *0.60*

**Resistencia a flexión, axil y cortante combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·VH3+0.75·N(EI).

**52.76 kN ≤ 232.84 kN** ✓

Donde:

$\mathbf{V_{Ed,z}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed,z}}$ : *52.76* kN

$\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd,z}}$ : *465.68* kN

**Resistencia a torsión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$\eta$ : ***0.001*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.300 m del nudo N121, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·VH6.

$\mathbf{M_{T,Ed}}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{T,Ed}}$ : *0.00* kN·m

El momento torsor resistente de cálculo $\mathbf{M_{T,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{M_{T,Rd}}$ : *3.71* kN·m

Donde:

$\mathbf{W_T}$: Módulo de resistencia a torsión. $\mathbf{W_T}$ : *24.52* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$ : *261.90* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$ : *275.00* MPa

$\gamma_{M0}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0}$ : *1.05*

**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$\eta$ : ***0.119*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 4.424 m del nudo N121, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·VH3+0.75·N(EI).

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$ : *48.64* kN

$\mathbf{M_{T,Ed}}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{T,Ed}}$ : *0.00* kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $\mathbf{V_{pl,T,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{V_{pl,T,Rd}}$ : *408.98* kN

Donde:

$\mathbf{V_{pl,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{pl,Rd}}$ : *409.06* kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed}$ : *0.08* MPa

Siendo:

$\mathbf{W_T}$: Módulo de resistencia a torsión. $\mathbf{W_T}$ : *31.81* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$ : *261.90* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$ : *275.00* MPa

$\gamma_{M0}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0}$ : *1.05*

**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$\eta$ < ***0.001*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N121, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·VH6.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$ : *0.01* kN

$\mathbf{M_{T,Ed}}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{T,Ed}}$ : *0.00* kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $\mathbf{V_{pl,T,Rd}}$ viene dado por:

$V_{pl,T,Rd}$ : 598.27 kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{pl,Rd}$ : 598.42 kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed}$ : 0.09 MPa

Siendo:

$W_T$: Módulo de resistencia a torsión. $W_T$ : 24.52 cm³

$f_{yd}$: Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd}$ : 261.90 MPa

Siendo:

$f_y$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y$ : 275.00 MPa

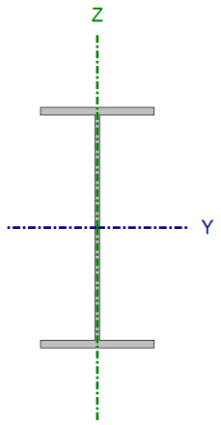
$\gamma_{M0}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0}$ : 1.05

## 7.4. Pórtico interior

### *7.4.1. Pilares*

Barra N89/N90

**Perfil: IPE 360, Simple con cartelas (Cartela final superior: 2.00 m.)**
**Material: Acero (S275)**




| Nudos | | Longitud (m) | Características mecánicas(1) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Inicial | Final | | Área (cm²) | $I_y$(2) (cm4) | $I_z$(2) (cm4) | $I_t$(3) (cm4) |
| N89 | N90 | 6.500 | 72.70 | 16270.00 | 1043.00 | 37.30 |

*Notas:*
*(1) Las características mecánicas y el dibujo mostrados corresponden a la sección inicial del perfil (N89)*
*(2) Inercia respecto al eje indicado*
*(3) Momento de inercia a torsión uniforme*

| | Pandeo | | Pandeo lateral | |
|---|---|---|---|---|
| | Plano XY | Plano XZ | Ala sup. | Ala inf. |
| β | 0.70 | 1.40 | 0.00 | 0.00 |
| $L_K$ | 4.550 | 9.100 | 0.000 | 0.000 |
| $C_m$ | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| $C_1$ | - | | 1.000 | |

*Notación:*
*β: Coeficiente de pandeo*
*$L_K$: Longitud de pandeo (m)*
*$C_m$: Coeficiente de momentos*
*$C_1$: Factor de modificación para el momento crítico*

**Limitación de esbeltez** (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$ : **1.45** ✓

Donde:

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. | **Clase** : | *3* | |
| **A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. | **A** : | *119.39* | cm² |
| $\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) | $\mathbf{f_y}$ : | *275.00* | MPa |
| $\mathbf{N_{cr}}$: Axil crítico de pandeo elástico. | $\mathbf{N_{cr}}$ : | *1566.09* | kN |

El axil crítico de pandeo elástico $\mathbf{N_{cr}}$ es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

| | | | |
|---|---|---|---|
| a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. | $\mathbf{N_{cr,y}}$ : | *17458.31* | kN |
| b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. | $\mathbf{N_{cr,z}}$ : | *1566.09* | kN |
| c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. | $\mathbf{N_{cr,T}}$ : | ∞ | |

Donde:

| | | | |
|---|---|---|---|
| $\mathbf{I_y}$: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. | $\mathbf{I_y}$ : | *69753.47* | cm4 |
| $\mathbf{I_z}$: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. | $\mathbf{I_z}$ : | *1564.30* | cm4 |
| $\mathbf{I_t}$: Momento de inercia a torsión uniforme. | $\mathbf{I_t}$ : | *54.26* | cm4 |
| $\mathbf{I_w}$: Constante de alabeo de la sección. | $\mathbf{I_w}$ : | *1183155.60* | cm6 |
| **E**: Módulo de elasticidad. | **E** : | *210000* | MPa |
| **G**: Módulo de elasticidad transversal. | **G** : | *81000* | MPa |
| $\mathbf{L_{ky}}$: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y. | $\mathbf{L_{ky}}$ : | *9.100* | m |
| $\mathbf{L_{kz}}$: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z. | $\mathbf{L_{kz}}$ : | *4.550* | m |
| $\mathbf{L_{kt}}$: Longitud efectiva de pandeo por torsión. | $\mathbf{L_{kt}}$ : | *0.000* | m |
| $\mathbf{i_0}$: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión. | $\mathbf{i_0}$ : | *24.44* | cm |

Siendo:

| | | | |
|---|---|---|---|
| $\mathbf{i_y}$ , $\mathbf{i_z}$: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z. | $\mathbf{i_y}$ : | *24.17* | cm |
| | $\mathbf{i_z}$ : | *3.62* | cm |
| $\mathbf{y_0}$ , $\mathbf{z_0}$: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección. | $\mathbf{y_0}$ : | *0.00* | mm |
| | $\mathbf{z_0}$ : | *0.00* | mm |

**Abolladura del alma inducida por el ala comprimida** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

**74.80 ≤ 341.14** ✓

Donde:

| | | | |
|---|---|---|---|
| $h_w$: Altura del alma. | $h_w$ : | *598.43* | mm |
| $t_w$: Espesor del alma. | $t_w$ : | *8.00* | mm |
| $A_w$: Área del alma. | $A_w$ : | *47.87* | cm² |
| $A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida. | $A_{fc,ef}$ : | *21.59* | cm² |
| **k**: Coeficiente que depende de la clase de la sección. | **k** : | *0.30* | |
| **E**: Módulo de elasticidad. | **E** : | *210000* | MPa |
| $f_{yf}$: Límite elástico del acero del ala comprimida. | $f_{yf}$ : | *275.00* | MPa |

Siendo:

**Resistencia a tracción** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$\eta$ : ***0.034*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.320 m del nudo N89, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·VH6.

| | | | |
|---|---|---|---|
| $N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. | $N_{t,Ed}$ : | *65.24* | kN |

La resistencia de cálculo a tracción $N_{t,Rd}$ viene dada por:

$N_{t,Rd}$ : *1904.05* kN

Donde:

| | | | |
|---|---|---|---|
| **A**: Área bruta de la sección transversal de la barra. | **A** : | *72.70* | cm² |
| $f_{yd}$: Resistencia de cálculo del acero. | $f_{yd}$ : | *261.90* | MPa |

Siendo:

| | | | |
|---|---|---|---|
| $f_y$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) | $f_y$ : | *275.00* | MPa |
| $\gamma_{M0}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. | $\gamma_{M0}$ : | *1.05* | |

**Resistencia a compresión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$\eta$ : ***0.040*** ✓

$\eta$ : ***0.103*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N89, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·VH3+0.75·N(EI).

**$N_{c,Ed}$**: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **$N_{c,Ed}$** : *76.03* kN

La resistencia de cálculo a compresión **$N_{c,Rd}$** viene dada por:

**$N_{c,Rd}$** : *1904.05* kN

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *3*

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *72.70* cm²

**$f_{yd}$**: Resistencia de cálculo del acero. **$f_{yd}$** : *261.90* MPa

Siendo:

**$f_y$**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **$f_y$** : *275.00* MPa

**$\gamma_{M0}$**: Coeficiente parcial de seguridad del material. **$\gamma_{M0}$** : *1.05*

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo **$N_{b,Rd}$** en una barra comprimida viene dada por:

**$N_{b,Rd}$** : *740.02* kN

Donde:

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *72.70* cm²

**$f_{yd}$**: Resistencia de cálculo del acero. **$f_{yd}$** : *261.90* MPa

Siendo:

**$f_y$**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **$f_y$** : *275.00* MPa

**$\gamma_{M1}$**: Coeficiente parcial de seguridad del material. **$\gamma_{M1}$** : *1.05*

$\chi$: Coeficiente de reducción por pandeo.

$\chi_y$ : *0.85*

$\chi_z$ : *0.39*

Siendo:

$\phi_y$ : 0.80

$\phi_z$ : 1.66

$\alpha$: Coeficiente de imperfección elástica.

$\alpha_y$ : 0.21

$\alpha_z$ : 0.34

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$\bar{\lambda}_y$ : 0.70

$\bar{\lambda}_z$ : 1.38

$N_{cr}$: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores: $N_{cr}$ : 1044.19 kN

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. $N_{cr,y}$ : 4072.15 kN

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. $N_{cr,z}$ : 1044.19 kN

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión. $N_{cr,T}$ : $\infty$

**Resistencia a flexión eje Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$\eta$ : **0.450** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N89, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·VH6.

$M_{Ed}^+$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $M_{Ed}^+$ : 113.86 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N89, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·VH3+0.75·N(EI).

$M_{Ed}^-$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $M_{Ed}^-$ : 120.13 kN·m

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$M_{c,Rd}$ : 266.88 kN·m

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : 1

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $W_{pl,y}$ : 1019.00 cm³

$f_{yd}$: Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd}$ : 261.90 MPa

Siendo:

$f_y$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y$ : 275.00 MPa

$\gamma_{M0}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0}$ : 1.05

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)
No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

**Resistencia a flexión eje Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$\eta$ : ***0.001*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N89, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·VH1+0.75·N(R)1.

$\mathbf{M_{Ed}^{+}}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{Ed}^{+}}$ : *0.03* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N89, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·VH4.

$\mathbf{M_{Ed}^{-}}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{Ed}^{-}}$ : *0.03* kN·m

El momento flector resistente de cálculo $\mathbf{M_{c,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{M_{c,Rd}}$ : *50.02* kN·m

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *1*

$\mathbf{W_{pl,z}}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $\mathbf{W_{pl,z}}$ : *191.00* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$ : *261.90* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$ : *275.00* MPa

$\gamma_{M0}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0}$ : *1.05*

**Resistencia a corte Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$\eta$ : ***0.102*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.444 m del nudo N89, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·VH3+0.75·N(EI).

$V_{Ed}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed}$ : *48.35* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$V_{c,Rd}$ : *476.16* kN

Donde:

$A_v$: Área transversal a cortante. $A_v$ : *31.49* cm²

$f_{yd}$: Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd}$ : *261.90* MPa

Siendo:

$f_y$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y$ : *275.00* MPa

$\gamma_{M0}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0}$ : *1.05*

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

**37.33** < **64.71** ✓

Donde:

$\lambda_w$: Esbeltez del alma. $\lambda_w$ : *37.33*

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{máx}$ : *64.71*

$\varepsilon$: Factor de reducción. $\varepsilon$ : *0.92*

Siendo:

$f_{ref}$: Límite elástico de referencia. $f_{ref}$ : *235.00* MPa

$f_y$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y$ : *275.00* MPa

**Resistencia a corte Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$\eta$ < ***0.001*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N89, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·VH4.

$V_{Ed}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed}$ : *0.01* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{c,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{V_{c,Rd}}$ : *694.54* kN

Donde:

$\mathbf{A_v}$: Área transversal a cortante. $\mathbf{A_v}$ : *45.93* cm²

Siendo:

**A**: Área de la sección bruta. **A** : *72.70* cm²

**d**: Altura del alma. **d** : *334.60* mm

$\mathbf{t_w}$: Espesor del alma. $\mathbf{t_w}$ : *8.00* mm

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$ : *261.90* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$ : *275.00* MPa

$\gamma_{M0}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0}$ : *1.05*

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

**52.70 kN ≤ 265.44 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·VH3+0.75·N(EI).

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$ : *52.70* kN

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd}}$ : *530.87* kN

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

**0.01 kN ≤ 347.27 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N89, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·VH4.

**$V_{Ed}$**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **$V_{Ed}$** : *0.01* kN

**$V_{c,Rd}$**: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{c,Rd}$** : *694.54* kN

**Resistencia a flexión y axil combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$\eta$ : ***0.491*** ✓

$\eta$ : ***0.508*** ✓

$\eta$ : ***0.380*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N89, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·VH3+0.75·N(EI).

Donde:

**$N_{c,Ed}$**: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **$N_{c,Ed}$** : *76.03* kN

**$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$**: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. **$M_{y,Ed}^-$** : *120.13* kN·m; **$M_{z,Ed}^+$** : *0.03* kN·m

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple. **Clase** : *1*

**$N_{pl,Rd}$**: Resistencia a compresión de la sección bruta. **$N_{pl,Rd}$** : *1904.05* kN

**$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$**: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente. **$M_{pl,Rd,y}$** : *266.88* kN·m; **$M_{pl,Rd,z}$** : *50.02* kN·m

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

**A**: Área de la sección bruta. **A** : *72.70* cm²

**$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$**: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. **$W_{pl,y}$** : *1019.00* cm³; **$W_{pl,z}$** : *191.00* cm³

**$f_{yd}$**: Resistencia de cálculo del acero. **$f_{yd}$** : *261.90* MPa

Siendo:

**$f_y$**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **$f_y$** : *275.00* MPa

**$\gamma_{M1}$**: Coeficiente parcial de seguridad del material. **$\gamma_{M1}$** : *1.05*

**$k_y$, $k_z$**: Coeficientes de interacción.

**$k_y$** : *1.02*

$k_z$ : *1.14*

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$C_{m,y}$ : *1.00*
$C_{m,z}$ : *1.00*

$\chi_y$, $\chi_z$: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$\chi_y$ : *0.85*
$\chi_z$ : *0.39*

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$\bar{\lambda}_y$ : *0.70*
$\bar{\lambda}_z$ : *1.38*

$\alpha_y$, $\alpha_z$: Factores dependientes de la clase de la sección.

$\alpha_y$ : *0.60*
$\alpha_z$ : *0.60*

**Resistencia a flexión, axil y cortante combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $V_{Ed}$ es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·VH3+0.75·N(EI).

**52.70 kN ≤ 265.44 kN** ✓

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed,z}$ : *52.70* kN

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd,z}$ : *530.87* kN

**Resistencia a torsión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

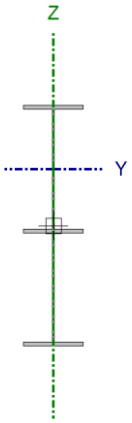
**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

### *7.4.2. Jácena Pórtico Interior*

Barra N90/N142

**Perfil: IPE 360, Simple con cartelas (Cartela inicial inferior: 2.00 m. Cartela final inferior: 2.00 m.)**
**Material: Acero (S275)**




| Nudos | | Longitud (m) | Características mecánicas(1) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Inicial | Final | | Área (cm²) | $I_y$(2) (cm4) | $I_z$(2) (cm4) | $I_t$(3) (cm4) | $y_g$(4) (mm) | $z_g$(4) (mm) |
| N90 | N142 | 5.750 | 118.67 | 67686.87 | 1564.26 | 54.11 | 0.00 | 158.75 |

*Notas:*
*(1) Las características mecánicas y el dibujo mostrados corresponden a la sección inicial del perfil (N90)*
*(2) Inercia respecto al eje indicado*
*(3) Momento de inercia a torsión uniforme*
*(4) Coordenadas del centro de gravedad*

| | Pandeo | | Pandeo lateral | |
|---|---|---|---|---|
| | Plano XY | Plano XZ | Ala sup. | Ala inf. |
| β | 0.00 | 1.00 | 0.00 | 0.00 |
| $L_K$ | 0.000 | 5.750 | 0.000 | 0.000 |
| $C_m$ | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| $C_1$ | - | | 1.000 | |

*Notación:*
*β: Coeficiente de pandeo*
*$L_K$: Longitud de pandeo (m)*
*$C_m$: Coeficiente de momentos*
*$C_1$: Factor de modificación para el momento crítico*

**Limitación de esbeltez** (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$ : ***0.44*** ✓

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *3*

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *72.70* cm²

**$f_y$**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **$f_y$** : *275.00* MPa

**$N_{cr}$**: Axil crítico de pandeo elástico. **$N_{cr}$** : *10199.31* kN

El axil crítico de pandeo elástico **$N_{cr}$** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. **$N_{cr,y}$** : *10199.31* kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. **$N_{cr,z}$** : ∞

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. $N_{cr,T}$ : ∞

Donde:

| | | | |
|---|---|---|---|
| $I_y$: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. | $I_y$ : | 16270.00 | cm4 |
| $I_z$: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. | $I_z$ : | 1043.00 | cm4 |
| $I_t$: Momento de inercia a torsión uniforme. | $I_t$ : | 37.30 | cm4 |
| $I_w$: Constante de alabeo de la sección. | $I_w$ : | 314000.00 | cm6 |
| **E**: Módulo de elasticidad. | **E** : | 210000 | MPa |
| **G**: Módulo de elasticidad transversal. | **G** : | 81000 | MPa |
| $L_{ky}$: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y. | $L_{ky}$ : | 5.750 | m |
| $L_{kz}$: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z. | $L_{kz}$ : | 0.000 | m |
| $L_{kt}$: Longitud efectiva de pandeo por torsión. | $L_{kt}$ : | 0.000 | m |
| $i_0$: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión. | $i_0$ : | 15.43 | cm |

Siendo:

| | | | |
|---|---|---|---|
| $i_y$ , $i_z$: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z. | $i_y$ : | 14.96 | cm |
| | $i_z$ : | 3.79 | cm |
| $y_0$ , $z_0$: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección. | $y_0$ : | 0.00 | mm |
| | $z_0$ : | 0.00 | mm |

**Abolladura del alma inducida por el ala comprimida** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$74.80 \leq 341.14 \checkmark$$

Donde:

| | | | |
|---|---|---|---|
| $h_w$: Altura del alma. | $h_w$ : | 598.43 | mm |
| $t_w$: Espesor del alma. | $t_w$ : | 8.00 | mm |
| $A_w$: Área del alma. | $A_w$ : | 47.87 | cm² |
| $A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida. | $A_{fc,ef}$ : | 21.59 | cm² |
| **k**: Coeficiente que depende de la clase de la sección. | **k** : | 0.30 | |
| **E**: Módulo de elasticidad. | **E** : | 210000 | MPa |
| $f_{yf}$: Límite elástico del acero del ala comprimida. | $f_{yf}$ : | 275.00 | MPa |

Siendo:

**Resistencia a tracción** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$\eta$ : ***0.031*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.180 m del nudo N90, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·VH6.

**$N_{t,Ed}$**: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. **$N_{t,Ed}$** : *58.08* kN

La resistencia de cálculo a tracción **$N_{t,Rd}$** viene dada por:

**$N_{t,Rd}$** : *1904.05* kN

Donde:

**A**: Área bruta de la sección transversal de la barra. **A** : *72.70* cm²

**$f_{yd}$**: Resistencia de cálculo del acero. **$f_{yd}$** : *261.90* MPa

Siendo:

**$f_y$**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **$f_y$** : *275.00* MPa

**$\gamma_{M0}$**: Coeficiente parcial de seguridad del material. **$\gamma_{M0}$** : *1.05*

**Resistencia a compresión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$\eta$ : ***0.032*** ✓

$\eta$ : ***0.034*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.180 m del nudo N90, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·VH3+0.75·N(EI).

**$N_{c,Ed}$**: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **$N_{c,Ed}$** : *60.70* kN

La resistencia de cálculo a compresión **$N_{c,Rd}$** viene dada por:

**$N_{c,Rd}$** : *1904.05* kN

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *3*

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *72.70* cm²

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$ : *261.90* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$ : *275.00* MPa

$\gamma_{M0}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0}$ : *1.05*

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo $\mathbf{N_{b,Rd}}$ en una barra comprimida viene dada por:

$\mathbf{N_{b,Rd}}$ : *1792.03* kN

Donde:

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *72.70* cm²

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$ : *261.90* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$ : *275.00* MPa

$\gamma_{M1}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M1}$ : *1.05*

$\chi$: Coeficiente de reducción por pandeo.

$\chi_y$ : *0.94*

Siendo:

$\phi_y$ : *0.62*

$\alpha$: Coeficiente de imperfección elástica. $\alpha_y$ : *0.21*

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$\bar{\lambda}_y$ : *0.44*

$\mathbf{N_{cr}}$: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores: $\mathbf{N_{cr}}$ : *10199.31* kN

$\mathbf{N_{cr,y}}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. $\mathbf{N_{cr,y}}$ : *10199.31* kN

$\mathbf{N_{cr,z}}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. $\mathbf{N_{cr,z}}$ : $\infty$

$\mathbf{N_{cr,T}}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión. $\mathbf{N_{cr,T}}$ : $\infty$

**Resistencia a flexión eje Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$\eta$ : ***0.383*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.182 m del nudo N90, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·VH6.

$\mathbf{M_{Ed}^{+}}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{Ed}^{+}}$ : *97.56* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.182 m del nudo N90, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

$\mathbf{M_{Ed}^{-}}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{Ed}^{-}}$ : *102.19* kN·m

El momento flector resistente de cálculo $\mathbf{M_{c,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{M_{c,Rd}}$ : *266.88* kN·m

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *1*

$\mathbf{W_{pl,y}}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $\mathbf{W_{pl,y}}$ : *1019.00* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$ : *261.90* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$ : *275.00* MPa

$\gamma_{M0}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0}$ : *1.05*

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

**Resistencia a flexión eje Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$\eta <$ ***0.001*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N142, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·VH6.

$M_{Ed}^{+}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $M_{Ed}^{+}$ : 0.00 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N142, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·VH3.

$M_{Ed}^{-}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $M_{Ed}^{-}$ : 0.00 kN·m

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$M_{c,Rd}$ : 50.02 kN·m

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : 1

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $W_{pl,z}$ : 191.00 cm³

$f_{yd}$: Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd}$ : 261.90 MPa

Siendo:

$f_y$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y$ : 275.00 MPa

$\gamma_{M0}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0}$ : 1.05

**Resistencia a corte Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$\eta$ : **0.094** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.056 m del nudo N90, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·VH3+0.75·N(EI).

$V_{Ed}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed}$ : 44.81 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$V_{c,Rd}$ : 476.16 kN

Donde:

$A_v$: Área transversal a cortante. $A_v$ : 31.49 cm²

$f_{yd}$: Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd}$ : 261.90 MPa

Siendo:

$f_y$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y$ : 275.00 MPa

$\gamma_{M0}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0}$ : 1.05

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

**37.32** < **64.71** ✓

Donde:

$\lambda_w$: Esbeltez del alma. $\lambda_w$ : *37.32*

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{máx}$ : *64.71*

$\varepsilon$: Factor de reducción. $\varepsilon$ : *0.92*

Siendo:

$f_{ref}$: Límite elástico de referencia. $f_{ref}$ : *235.00* MPa

$f_y$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y$ : *275.00* MPa

**Resistencia a corte Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $V_{Ed}$ no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

**59.18 kN** ≤ **426.52 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·VH3+0.75·N(EI).

$V_{Ed}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed}$ : *59.18* kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd}$ : *853.04* kN

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a flexión y axil combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$\eta$ : **0.412** ✓

$\eta$ : **0.417** ✓

$\eta$ : **0.261** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 2.182 m del nudo N90, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

Donde:

**$N_{c,Ed}$**: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. — $N_{c,Ed}$ : 56.33 kN

**$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$**: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. — $M_{y,Ed}^-$ : 102.19 kN·m; $M_{z,Ed}^+$ : 0.00 kN·m

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple. — **Clase** : 1

**$N_{pl,Rd}$**: Resistencia a compresión de la sección bruta. — $N_{pl,Rd}$ : 1904.05 kN

**$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$**: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente. — $M_{pl,Rd,y}$ : 266.88 kN·m; $M_{pl,Rd,z}$ : 50.02 kN·m

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

**A**: Área de la sección bruta. — **A** : 72.70 cm²

**$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$**: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. — $W_{pl,y}$ : 1019.00 cm³; $W_{pl,z}$ : 191.00 cm³

**$f_{yd}$**: Resistencia de cálculo del acero. — $f_{yd}$ : 261.90 MPa

Siendo:

**$f_y$**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — $f_y$ : 275.00 MPa

$\gamma_{M1}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. — $\gamma_{M1}$ : 1.05

**$k_y$, $k_z$**: Coeficientes de interacción.

$k_y$ : 1.01

$k_z$ : 1.00

**$C_{m,y}$, $C_{m,z}$**: Factores de momento flector uniforme equivalente. — $C_{m,y}$ : 1.00; $C_{m,z}$ : 1.00

$\chi_y$ : 0.94

$\chi_y$, $\chi_z$: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$\chi_z$ : *1.00*

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$\bar{\lambda}_y$ : *0.44*

$\bar{\lambda}_z$ : *0.00*

$\alpha_y$, $\alpha_z$: Factores dependientes de la clase de la sección.

$\alpha_y$ : *0.60*

$\alpha_z$ : *0.60*

**Resistencia a flexión, axil y cortante combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·VH3+0.75·N(EI).

**59.18 kN ≤ 426.52 kN** ✓

Donde:

$\mathbf{V_{Ed,z}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed,z}}$ : *59.18* kN

$\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd,z}}$ : *853.04* kN

**Resistencia a torsión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

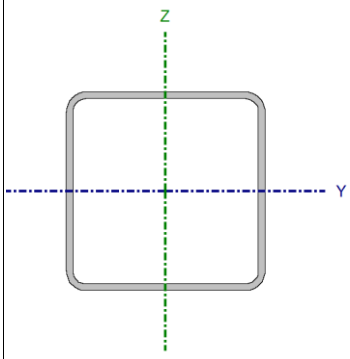
No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

## 7.5. Viga Contraviento

### 7.5.1. Montante extremo VCV

Barra N131/N132

**Perfil: #80x3**
**Material: Acero (S275)**




| Nudos | | Longitud (m) | Características mecánicas | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Inicial | Final | | Área (cm²) | $I_y$(1) (cm4) | $I_z$(1) (cm4) | $I_t$(2) (cm4) |
| N131 | N132 | 5.000 | 8.90 | 85.92 | 85.92 | 140.54 |

*Notas:*
*(1) Inercia respecto al eje indicado*
*(2) Momento de inercia a torsión uniforme*

| | Pandeo | | Pandeo lateral | |
|---|---|---|---|---|
| | Plano XY | Plano XZ | Ala sup. | Ala inf. |
| β | 1.00 | 1.00 | 0.00 | 0.00 |
| $L_K$ | 5.000 | 5.000 | 0.000 | 0.000 |
| $C_m$ | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| $C_1$ | - | | 1.000 | |

*Notación:*
*β: Coeficiente de pandeo*
*$L_K$: Longitud de pandeo (m)*
*$C_m$: Coeficiente de momentos*
*$C_1$: Factor de modificación para el momento crítico*

**Limitación de esbeltez** (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$ : ***1.85*** ✓

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *1*

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *8.90* cm²

**$f_y$**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **$f_y$** : *275.00* MPa

**$N_{cr}$**: Axil crítico de pandeo elástico. **$N_{cr}$** : *71.24* kN

El axil crítico de pandeo elástico **$N_{cr}$** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. **$N_{cr,y}$** : *71.24* kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. **$N_{cr,z}$** : *71.24* kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. **$N_{cr,T}$** : ∞

Donde:

| | | | |
|---|---|---|---|
| $I_y$: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. | $I_y$ : | 85.92 | cm4 |
| $I_z$: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. | $I_z$ : | 85.92 | cm4 |
| $I_t$: Momento de inercia a torsión uniforme. | $I_t$ : | 140.54 | cm4 |
| $I_w$: Constante de alabeo de la sección. | $I_w$ : | 0.00 | cm6 |
| **E**: Módulo de elasticidad. | **E** : | 210000 | MPa |
| **G**: Módulo de elasticidad transversal. | **G** : | 81000 | MPa |
| $L_{ky}$: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y. | $L_{ky}$ : | 5.000 | m |
| $L_{kz}$: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z. | $L_{kz}$ : | 5.000 | m |
| $L_{kt}$: Longitud efectiva de pandeo por torsión. | $L_{kt}$ : | 0.000 | m |
| $i_0$: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión. | $i_0$ : | 4.39 | cm |

Siendo:

| | | | |
|---|---|---|---|
| $i_y$ , $i_z$: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z. | $i_y$ : | 3.11 | cm |
| | $i_z$ : | 3.11 | cm |
| $y_0$ , $z_0$: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección. | $y_0$ : | 0.00 | mm |
| | $z_0$ : | 0.00 | mm |

**Abolladura del alma inducida por el ala comprimida** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$24.67 \leq 311.60 \checkmark$$

Donde:

| | | | |
|---|---|---|---|
| $h_w$: Altura del alma. | $h_w$ : | 74.00 | mm |
| $t_w$: Espesor del alma. | $t_w$ : | 3.00 | mm |
| $A_w$: Área del alma. | $A_w$ : | 4.44 | cm² |
| $A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida. | $A_{fc,ef}$ : | 2.40 | cm² |
| **k**: Coeficiente que depende de la clase de la sección. | **k** : | 0.30 | |
| **E**: Módulo de elasticidad. | **E** : | 210000 | MPa |
| $f_{yf}$: Límite elástico del acero del ala comprimida. | $f_{yf}$ : | 275.00 | MPa |

Siendo:

**Resistencia a tracción** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

**Resistencia a compresión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$\eta$ : ***0.012*** ✓

$\eta$ : ***0.054*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·VH1+0.75·N(EI).

**$N_{c,Ed}$**: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **$N_{c,Ed}$** : *2.80* kN

La resistencia de cálculo a compresión **$N_{c,Rd}$** viene dada por:

**$N_{c,Rd}$** : *233.03* kN

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *1*

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *8.90* cm²

**$f_{yd}$**: Resistencia de cálculo del acero. **$f_{yd}$** : *261.90* MPa

Siendo:

**$f_y$**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **$f_y$** : *275.00* MPa

$\gamma_{M0}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0}$ : *1.05*

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo **$N_{b,Rd}$** en una barra comprimida viene dada por:

**$N_{b,Rd}$** : *52.04* kN

Donde:

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *8.90* cm²

**$f_{yd}$**: Resistencia de cálculo del acero. **$f_{yd}$** : *261.90* MPa

Siendo:

**$f_y$**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **$f_y$** : *275.00* MPa

$\gamma_{M1}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M1}$ : *1.05*

$\chi$: Coeficiente de reducción por pandeo.

$\chi_y$ : *0.22*

$\chi_z$ : *0.22*

Siendo:

$\phi_y$ : *2.62*

$\phi_z$ : 2.62

$\alpha$: Coeficiente de imperfección elástica. $\alpha_y$ : 0.49

$\alpha_z$ : 0.49

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$\bar{\lambda}_y$ : 1.85

$\bar{\lambda}_z$ : 1.85

**$N_{cr}$**: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores: $N_{cr}$ : 71.24 kN

**$N_{cr,y}$**: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. $N_{cr,y}$ : 71.24 kN

**$N_{cr,z}$**: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. $N_{cr,z}$ : 71.24 kN

**$N_{cr,T}$**: Axil crítico elástico de pandeo por torsión. $N_{cr,T}$ : $\infty$

**Resistencia a flexión eje Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$\eta$ : **0.044** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.500 m del nudo N131, para la combinación de acciones 1.35·PP.

**$M_{Ed}^+$**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $M_{Ed}^+$ : 0.29 kN·m

Para flexión negativa:

**$M_{Ed}^-$**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $M_{Ed}^-$ : 0.00 kN·m

El momento flector resistente de cálculo **$M_{c,Rd}$** viene dado por:

$M_{c,Rd}$ : 6.63 kN·m

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : 1

**$W_{pl,y}$**: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $W_{pl,y}$ : 25.32 cm³

**$f_{yd}$**: Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd}$ : 261.90 MPa

Siendo:

**$f_y$**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y$ : 275.00 MPa

$\gamma_{M0}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0}$ : 1.05

**Resistencia a flexión eje Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a corte Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$\eta$ : ***0.003*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N131, para la combinación de acciones 1.35·PP.

**$V_{Ed}$**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **$V_{Ed}$** : *0.23* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$** viene dado por:

**$V_{c,Rd}$** : *67.14* kN

Donde:

**$A_v$**: Área transversal a cortante. **$A_v$** : *4.44* cm²

Siendo:

**d**: Altura del alma. **d** : *74.00* mm

**$t_w$**: Espesor del alma. **$t_w$** : *3.00* mm

**$f_{yd}$**: Resistencia de cálculo del acero. **$f_{yd}$** : *261.90* MPa

Siendo:

**$f_y$**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **$f_y$** : *275.00* MPa

**$\gamma_{M0}$**: Coeficiente parcial de seguridad del material. **$\gamma_{M0}$** : *1.05*

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

**24.67** < **64.71** ✓

Donde:

**$\lambda_w$**: Esbeltez del alma. **$\lambda_w$** : *24.67*

**$\lambda_{máx}$**: Esbeltez máxima. **$\lambda_{máx}$** : *64.71*

**$\varepsilon$**: Factor de reducción. **$\varepsilon$** : *0.92*

Siendo:

$\mathbf{f_{ref}}$: Límite elástico de referencia. $\mathbf{f_{ref}}$ : *235.00* MPa

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$ : *275.00* MPa

**Resistencia a corte Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

**0.20 kN ≤ 33.57 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.313 m del nudo N131, para la combinación de acciones 1.35·PP.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$ : *0.20* kN

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd}}$ : *67.14* kN

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a flexión y axil combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$\eta$ : ***0.056*** ✓

$\eta$ : ***0.099*** ✓

$\eta$ : ***0.081*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 2.500 m del nudo N131, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·VH1+0.75·N(EI).

Donde:

| | | | |
|---|---|---|---|
| **$N_{c,Ed}$**: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. | $N_{c,Ed}$ : | 2.80 | kN |
| **$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$**: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. | $M_{y,Ed}^{+}$ : | 0.29 | kN·m |
| | $M_{z,Ed}^{+}$ : | 0.00 | kN·m |
| **Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple. | **Clase** : | 1 | |
| **$N_{pl,Rd}$**: Resistencia a compresión de la sección bruta. | $N_{pl,Rd}$ : | 233.03 | kN |
| **$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$**: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente. | $M_{pl,Rd,y}$ : | 6.63 | kN·m |
| | $M_{pl,Rd,z}$ : | 6.63 | kN·m |

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

| | | | |
|---|---|---|---|
| **A**: Área de la sección bruta. | **A** : | 8.90 | cm² |
| **$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$**: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. | $W_{pl,y}$ : | 25.32 | cm³ |
| | $W_{pl,z}$ : | 25.32 | cm³ |
| **$f_{yd}$**: Resistencia de cálculo del acero. | $f_{yd}$ : | 261.90 | MPa |

Siendo:

| | | | |
|---|---|---|---|
| **$f_y$**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) | $f_y$ : | 275.00 | MPa |
| $\gamma_{M1}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. | $\gamma_{M1}$ : | 1.05 | |

**$k_y$, $k_z$**: Coeficientes de interacción.

| | | |
|---|---|---|
| $k_y$ : | 1.04 | |
| $k_z$ : | 1.04 | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **$C_{m,y}$, $C_{m,z}$**: Factores de momento flector uniforme equivalente. | $C_{m,y}$ : | 1.00 | |
| | $C_{m,z}$ : | 1.00 | |
| $\chi_y$, $\chi_z$: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. | $\chi_y$ : | 0.22 | |
| | $\chi_z$ : | 0.22 | |
| $\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente. | $\bar{\lambda}_y$ : | 1.85 | |
| | $\bar{\lambda}_z$ : | 1.85 | |
| $\alpha_y$, $\alpha_z$: Factores dependientes de la clase de la sección. | $\alpha_y$ : | 0.60 | |
| | $\alpha_z$ : | 0.60 | |

**Resistencia a flexión, axil y cortante combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **$V_{Ed}$** es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$**.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.313 m del nudo N131, para la combinación de acciones 1.35·PP.

**0.20 kN ≤ 33.57 kN** ✓

Donde:

| | | | |
|---|---|---|---|
| $\mathbf{V_{Ed,z}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. | $\mathbf{V_{Ed,z}}$ : | *0.20* | kN |
| $\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. | $\mathbf{V_{c,Rd,z}}$ : | *67.14* | kN |

**Resistencia a torsión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

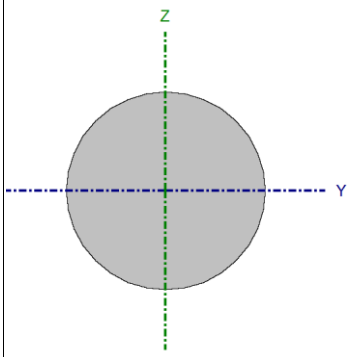
**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

### *7.5.2. Diagonal VCV*

Barra N122/N131

**Perfil: R 10**
**Material: Acero (S275)**




| Nudos | | Longitud (m) | Características mecánicas | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Inicial | Final | | Área (cm²) | $I_y$(1) (cm4) | $I_z$(1) (cm4) | $I_t$(2) (cm4) |
| N122 | N131 | 7.620 | 0.79 | 0.05 | 0.05 | 0.10 |

*Notas:*
*(1) Inercia respecto al eje indicado*
*(2) Momento de inercia a torsión uniforme*

| | Pandeo | | Pandeo lateral | |
|---|---|---|---|---|
| | Plano XY | Plano XZ | Ala sup. | Ala inf. |
| β | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| $L_K$ | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| $C_m$ | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| $C_1$ | - | | 1.000 | |

*Notación:*
*β: Coeficiente de pandeo*
*$L_K$: Longitud de pandeo (m)*
*$C_m$: Coeficiente de momentos*
*$C_1$: Factor de modificación para el momento crítico*

**Limitación de esbeltez** (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras de arriostramiento traccionadas no debe superar el valor 4.0.

$\bar{\lambda}$ < ***0.01*** ✓

Donde:

**A**: Área bruta de la sección transversal de la barra. **A** : *0.79* cm²

**$f_y$**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **$f_y$** : *275.00* MPa

**$N_{cr}$**: Axil crítico de pandeo elástico. **$N_{cr}$** : ∞

**Resistencia a tracción** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

η : ***0.193*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·VH4.

**$N_{t,Ed}$**: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. **$N_{t,Ed}$** : *3.96* kN

La resistencia de cálculo a tracción **$N_{t,Rd}$** viene dada por:

$N_{t,Rd}$ : *20.57* kN

Donde:

**A**: Área bruta de la sección transversal de la barra. **A** : *0.79* cm²

$f_{yd}$: Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd}$ : *261.90* MPa

Siendo:

$f_y$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y$ : *275.00* MPa

$\gamma_{M0}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0}$ : *1.05*

**Resistencia a compresión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

**Resistencia a flexión eje Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a flexión eje Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a corte Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

**Resistencia a corte Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a flexión y axil combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a flexión, axil y cortante combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a torsión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

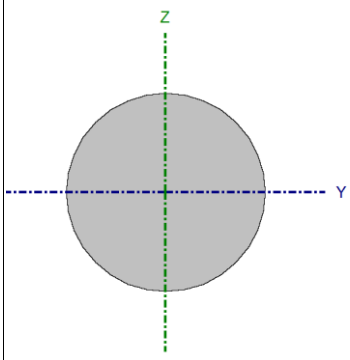
No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

## 7.6. Arriostramientos CSA

### *7.6.1. Arriostramientos fachada lateral*

Barra N121/N114

**Perfil: R 10**
**Material: Acero (S275)**




| Nudos | | Longitud (m) | Características mecánicas | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Inicial | Final | | Área (cm²) | $I_y$(1) (cm4) | $I_z$(1) (cm4) | $I_t$(2) (cm4) |
| N121 | N114 | 8.201 | 0.79 | 0.05 | 0.05 | 0.10 |

*Notas:*
*(1) Inercia respecto al eje indicado*
*(2) Momento de inercia a torsión uniforme*

| | Pandeo | | Pandeo lateral | |
|---|---|---|---|---|
| | Plano XY | Plano XZ | Ala sup. | Ala inf. |
| β | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| $L_K$ | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| $C_m$ | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| $C_1$ | - | | 1.000 | |

*Notación:*
*β: Coeficiente de pandeo*
*$L_K$: Longitud de pandeo (m)*
*$C_m$: Coeficiente de momentos*
*$C_1$: Factor de modificación para el momento crítico*

**Limitación de esbeltez** (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras de arriostramiento traccionadas no debe superar el valor 4.0.

$\bar{\lambda} <$ ***0.01*** ✓

Donde:

**A**: Área bruta de la sección transversal de la barra. — **A** : *0.79* cm²

**$f_y$**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — **$f_y$** : *275.00* MPa

**$N_{cr}$**: Axil crítico de pandeo elástico. — **$N_{cr}$** : ∞

**Resistencia a tracción** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$\eta$ : ***0.023*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·VH4.

**$N_{t,Ed}$**: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. **$N_{t,Ed}$** : *0.48* kN

La resistencia de cálculo a tracción **$N_{t,Rd}$** viene dada por:

**$N_{t,Rd}$** : *20.57* kN

Donde:

**A**: Área bruta de la sección transversal de la barra. **A** : *0.79* cm²

**$f_{yd}$**: Resistencia de cálculo del acero. **$f_{yd}$** : *261.90* MPa

Siendo:

**$f_y$**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **$f_y$** : *275.00* MPa

**$\gamma_{M0}$**: Coeficiente parcial de seguridad del material. **$\gamma_{M0}$** : *1.05*

**Resistencia a compresión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

**Resistencia a flexión eje Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a flexión eje Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a corte Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

**Resistencia a corte Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a flexión y axil combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a flexión, axil y cortante combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a torsión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

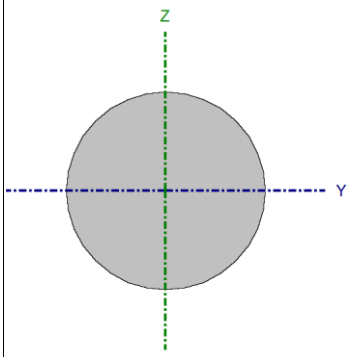
**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

### *7.6.2. Arriostramientos cubierta*

Barra N58/N139

**Perfil: R 10**
**Material: Acero (S275)**




| Nudos | | Longitud (m) | Características mecánicas | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Inicial | Final | | Área (cm²) | $I_y$(1) (cm4) | $I_z$(1) (cm4) | $I_t$(2) (cm4) |
| N58 | N139 | 7.620 | 0.79 | 0.05 | 0.05 | 0.10 |

*Notas:*
*(1) Inercia respecto al eje indicado*
*(2) Momento de inercia a torsión uniforme*

| | Pandeo | | Pandeo lateral | |
|---|---|---|---|---|
| | Plano XY | Plano XZ | Ala sup. | Ala inf. |
| β | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| $L_K$ | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| $C_m$ | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| $C_1$ | - | | 1.000 | |

*Notación:*
*β: Coeficiente de pandeo*
*$L_K$: Longitud de pandeo (m)*
*$C_m$: Coeficiente de momentos*
*$C_1$: Factor de modificación para el momento crítico*

**Limitación de esbeltez** (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras de arriostramiento traccionadas no debe superar el valor 4.0.

$\bar{\lambda}$ < ***0.01*** ✓

Donde:

**A**: Área bruta de la sección transversal de la barra. **A** : *0.79* cm²

**$f_y$**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **$f_y$** : *275.00* MPa

**$N_{cr}$**: Axil crítico de pandeo elástico. **$N_{cr}$** : ∞

**Resistencia a tracción** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

η : ***0.008*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·VH3+0.75·N(EI).

**$N_{t,Ed}$**: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. **$N_{t,Ed}$** : *0.16* kN

La resistencia de cálculo a tracción **$N_{t,Rd}$** viene dada por:

**$N_{t,Rd}$** : *20.57* kN

Donde:

**A**: Área bruta de la sección transversal de la barra. **A** : *0.79* cm²

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$ : *261.90* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$ : *275.00* MPa

$\gamma_{M0}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0}$ : *1.05*

**Resistencia a compresión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

**Resistencia a flexión eje Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a flexión eje Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a corte Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

**Resistencia a corte Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a flexión y axil combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a flexión, axil y cortante combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a torsión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

## 7.7. Placas de anclaje

### *7.7.1. Placas de anclaje de los pilares esquina*

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Ref. | Tipo | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |
| Soldadura perimetral a la placa | En ángulo | 5 | 1095 | 7.5 | 90.00 |
| *a: Espesor garganta*<br>*l: Longitud efectiva*<br>*t: Espesor de piezas* | | | | | |

| Comprobación de resistencia | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ref. | Tensión de Von Mises | | | | | Tensión normal | | $f_u$ (N/mm²) | $\beta_w$ |
| | $\sigma_\perp$ (N/mm²) | $\tau_\perp$ (N/mm²) | $\tau_{\parallel}$ (N/mm²) | Valor (N/mm²) | Aprov. (%) | $\sigma_\perp$ (N/mm²) | Aprov. (%) | | |
| Soldadura perimetral a la placa | La comprobación no procede. | | | | | | | 410.0 | 0.85 |

2)Placa de anclaje

| Referencia: | | |
|---|---|---|
| Comprobación | Valores | Estado |
| Separación mínima entre pernos:<br>*3 diámetros* | Mínimo: 60 mm<br>Calculado: 135 mm | Cumple |
| Separación mínima pernos-borde:<br>*1.5 diámetros* | Mínimo: 30 mm<br>Calculado: 40 mm | Cumple |
| Esbeltez de rigidizadores:<br>-Paralelos a Y: | Máximo: 50<br>Calculado: 49.8 | Cumple |
| Longitud mínima del perno:<br>*Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.* | Mínimo: 22 cm<br>Calculado: 75 cm | Cumple |
| Anclaje perno en hormigón: | | |
| -Tracción: | Máximo: 166.68 kN<br>Calculado: 91.2 kN | Cumple |
| -Cortante: | Máximo: 116.68 kN<br>Calculado: 9.64 kN | Cumple |
| -Tracción + Cortante: | Máximo: 166.68 kN<br>Calculado: 104.97 kN | Cumple |
| Tracción en vástago de pernos: | Máximo: 125.6 kN<br>Calculado: 83.11 kN | Cumple |
| Tensión de Von Mises en vástago de pernos: | Máximo: 476.19 MPa<br>Calculado: 270.108 MPa | Cumple |
| Aplastamiento perno en placa:<br>*Límite del cortante en un perno actuando contra la placa* | Máximo: 230.48 kN<br>Calculado: 8.79 kN | Cumple |

| Referencia: | | |
|---|---|---|
| Comprobación | Valores | Estado |
| Tensión de Von Mises en secciones globales: | Máximo: 261.905 MPa | |
| - Derecha: | Calculado: 54.2911 MPa | Cumple |
| - Izquierda: | Calculado: 54.2918 MPa | Cumple |
| - Arriba: | Calculado: 123.916 MPa | Cumple |
| - Abajo: | Calculado: 123.905 MPa | Cumple |
| Flecha global equivalente:<br>*Limitación de la deformabilidad de los vuelos* | Mínimo: 250 | |
| - Derecha: | Calculado: 2427.61 | Cumple |
| - Izquierda: | Calculado: 2427.61 | Cumple |
| - Arriba: | Calculado: 13682.6 | Cumple |
| - Abajo: | Calculado: 13683.8 | Cumple |
| Tensión de Von Mises local:<br>*Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo* | Máximo: 261.905 MPa<br>Calculado: 158.69 MPa | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones | | |

## Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ref. | Tipo | a (mm) | Preparación de bordes (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |
| Rigidizador y-y (x = -83): Soldadura a la placa base | En ángulo | 4 | -- | 500 | 6.0 | 90.00 |
| Rigidizador y-y (x = 83): Soldadura a la placa base | En ángulo | 4 | -- | 500 | 6.0 | 90.00 |
| Soldadura de los pernos a la placa base | De penetración parcial | -- | 11 | 63 | 20.0 | 90.00 |

*a: Espesor garganta*
*l: Longitud efectiva*
*t: Espesor de piezas*

| Comprobación de resistencia | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ref. | Tensión de Von Mises | | | | | Tensión normal | | $f_u$ (N/mm²) | $\beta_w$ |
| | $\sigma_\perp$ (N/mm²) | $\tau_\perp$ (N/mm²) | $\tau_{\parallel}$ (N/mm²) | Valor (N/mm²) | Aprov. (%) | $\sigma_\perp$ (N/mm²) | Aprov. (%) | | |
| Rigidizador y-y (x = -83): Soldadura a la placa base | La comprobación no procede. | | | | | | | 410.0 | 0.85 |
| Rigidizador y-y (x = 83): Soldadura a la placa base | La comprobación no procede. | | | | | | | 410.0 | 0.85 |
| Soldadura de los pernos a la placa base | 0.0 | 0.0 | 147.0 | 254.6 | 65.97 | 0.0 | 0.00 | 410.0 | 0.85 |

d) Medición

| Soldaduras | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $f_u$ (MPa) | Ejecución | Tipo | Espesor de garganta (mm) | Longitud de cordones (mm) |
| 410.0 | En taller | En ángulo | 4 | 1954 |
| | | A tope en bisel simple con talón de raíz amplio | 11 | 377 |
| | En el lugar de montaje | En ángulo | 5 | 1095 |

| Placas de anclaje | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Material | Elementos | Cantidad | Dimensiones (mm) | Peso (kg) |
| S275 | Placa base | 1 | 350x500x22 | 30.22 |
| | Rigidizadores pasantes | 2 | 500/330x150/60x6 | 6.34 |
| | | | Total | 36.57 |
| B 500 S, Ys = 1.15 (corrugado) | Pernos de anclaje | 6 | Ø 20 - L = 812 + 194 | 14.89 |
| | | | Total | 14.89 |

### *7.7.2. Placa de anclaje pórtico interior*

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Ref. | Tipo | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |
| Soldadura perimetral a la placa | En ángulo | 6 | 1189 | 8.0 | 90.00 |
| *a: Espesor garganta*<br>*l: Longitud efectiva*<br>*t: Espesor de piezas* | | | | | |

| Comprobación de resistencia | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ref. | Tensión de Von Mises | | | | | Tensión normal | | $f_u$ (N/mm²) | $\beta_w$ |
| | $\sigma_\perp$ (N/mm²) | $\tau_\perp$ (N/mm²) | $\tau_{\parallel}$ (N/mm²) | Valor (N/mm²) | Aprov. (%) | $\sigma_\perp$ (N/mm²) | Aprov. (%) | | |
| Soldadura perimetral a la placa | La comprobación no procede. | | | | | | | 410.0 | 0.85 |

2)Placa de anclaje

| Referencia: | | |
|---|---|---|
| Comprobación | Valores | Estado |
| Separación mínima entre pernos:<br>*3 diámetros* | Mínimo: 60 mm<br>Calculado: 160 mm | Cumple |
| Separación mínima pernos-borde:<br>*1.5 diámetros* | Mínimo: 30 mm<br>Calculado: 40 mm | Cumple |
| Esbeltez de rigidizadores:<br>-Paralelos a Y: | Máximo: 50<br>Calculado: 44.9 | Cumple |

| Referencia: | | |
|---|---|---|
| Comprobación | Valores | Estado |
| Longitud mínima del perno:<br>*Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.* | Mínimo: 22 cm<br>Calculado: 75 cm | Cumple |
| Anclaje perno en hormigón: | | |
| -Tracción: | Máximo: 166.68 kN<br>Calculado: 133.55 kN | Cumple |
| -Cortante: | Máximo: 116.68 kN<br>Calculado: 17.36 kN | Cumple |
| -Tracción + Cortante: | Máximo: 166.68 kN<br>Calculado: 158.35 kN | Cumple |
| Tracción en vástago de pernos: | Máximo: 125.6 kN<br>Calculado: 122.3 kN | Cumple |
| Tensión de Von Mises en vástago de pernos: | Máximo: 476.19 MPa<br>Calculado: 401.449 MPa | Cumple |
| Aplastamiento perno en placa:<br>*Límite del cortante en un perno actuando contra la placa* | Máximo: 230.48 kN<br>Calculado: 15.93 kN | Cumple |
| Tensión de Von Mises en secciones globales: | Máximo: 261.905 MPa | |
| -Derecha: | Calculado: 108.134 MPa | Cumple |
| -Izquierda: | Calculado: 108.324 MPa | Cumple |
| -Arriba: | Calculado: 133.97 MPa | Cumple |
| -Abajo: | Calculado: 133.83 MPa | Cumple |
| Flecha global equivalente:<br>*Limitación de la deformabilidad de los vuelos* | Mínimo: 250 | |
| -Derecha: | Calculado: 771.241 | Cumple |
| -Izquierda: | Calculado: 771.241 | Cumple |
| -Arriba: | Calculado: 9244.62 | Cumple |
| -Abajo: | Calculado: 9308.82 | Cumple |
| Tensión de Von Mises local:<br>*Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo* | Máximo: 261.905 MPa<br>Calculado: 220.909 MPa | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones | | |

## Cordones de soldadura

| **Comprobaciones geométricas** | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ref. | Tipo | a (mm) | Preparación de bordes (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |
| Rigidizador y-y (x = -90): Soldadura a la placa base | En ángulo | 6 | -- | 600 | 9.0 | 90.00 |
| Rigidizador y-y (x = 90): Soldadura a la placa base | En ángulo | 6 | -- | 600 | 9.0 | 90.00 |
| Soldadura de los pernos a la placa base | De penetración parcial | -- | 11 | 63 | 20.0 | 90.00 |

| Comprobaciones geométricas | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ref. | Tipo | a (mm) | Preparación de bordes (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |
| *a: Espesor garganta*<br>*l: Longitud efectiva*<br>*t: Espesor de piezas* | | | | | | |

| Comprobación de resistencia | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ref. | Tensión de Von Mises | | | | | Tensión normal | | $f_u$ (N/mm²) | $\beta_w$ |
| | $\sigma_\perp$ (N/mm²) | $\tau_\perp$ (N/mm²) | $\tau_{\|\|}$ (N/mm²) | Valor (N/mm²) | Aprov. (%) | $\sigma_\perp$ (N/mm²) | Aprov. (%) | | |
| Rigidizador y-y (x = -90): Soldadura a la placa base | La comprobación no procede. | | | | | | | 410.0 | 0.85 |
| Rigidizador y-y (x = 90): Soldadura a la placa base | La comprobación no procede. | | | | | | | 410.0 | 0.85 |
| Soldadura de los pernos a la placa base | 0.0 | 0.0 | 216.3 | 374.6 | 97.08 | 0.0 | 0.00 | 410.0 | 0.85 |

d) Medición

| Soldaduras | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $f_u$ (MPa) | Ejecución | Tipo | Espesor de garganta (mm) | Longitud de cordones (mm) |
| 410.0 | En taller | En ángulo | 6 | 2349 |
| | | A tope en bisel simple con talón de raíz amplio | 11 | 377 |
| | En el lugar de montaje | En ángulo | 6 | 1189 |

| Placas de anclaje | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Material | Elementos | Cantidad | Dimensiones (mm) | Peso (kg) |
| S275 | Placa base | 1 | 400x600x22 | 41.45 |
| | Rigidizadores pasantes | 2 | 600/370x200/85x9 | 15.09 |
| | | | Total | 56.54 |
| B 500 S, Ys = 1.15 (corrugado) | Pernos de anclaje | 6 | Ø 20 - L = 812 + 194 | 14.89 |
| | | | Total | 14.89 |

## 7.8. Cimentación

### *7.8.1. Zapata tipo 1*

| Referencia: N14<br>Dimensiones: 230 x 410 x 90<br>Armados: Xi:Ø16c/24 Yi:Ø16c/24 Xs:Ø16c/24 Ys:Ø16c/24 | | |
|---|---|---|
| Comprobación | Valores | Estado |
| Tensiones sobre el terreno:<br>*Criterio de CYPE Ingenieros* | | |
| -Tensión media en situaciones persistentes: | Máximo: 0.2 MPa<br>Calculado: 0.0401229 MPa | Cumple |

| Referencia: N14<br>Dimensiones: 230 x 410 x 90<br>Armados: Xi:Ø16c/24 Yi:Ø16c/24 Xs:Ø16c/24 Ys:Ø16c/24 | | |
|---|---|---|
| Comprobación | Valores | Estado |
| -Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento: | Máximo: 0.249959 MPa<br>Calculado: 0.0501291 MPa | Cumple |
| -Tensión máxima en situaciones persistentes con viento: | Máximo: 0.249959 MPa<br>Calculado: 0.0803439 MPa | Cumple |
| Vuelco de la zapata:<br>*Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.* | | |
| -En dirección X: | Reserva seguridad: 83547.7 % | Cumple |
| -En dirección Y: | Reserva seguridad: 6.3 % | Cumple |
| Flexión en la zapata: | | |
| -En dirección X: | Momento: 32.14 kN·m | Cumple |
| -En dirección Y: | Momento: 191.94 kN·m | Cumple |
| Cortante en la zapata: | | |
| -En dirección X: | Cortante: 11.09 kN | Cumple |
| -En dirección Y: | Cortante: 120.76 kN | Cumple |
| Compresión oblicua en la zapata: | | |
| -Situaciones persistentes:<br>*Criterio de CYPE Ingenieros* | Máximo: 5000 kN/m²<br>Calculado: 99.9 kN/m² | Cumple |
| Canto mínimo:<br>*Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08* | Mínimo: 25 cm<br>Calculado: 90 cm | Cumple |
| Espacio para anclar arranques en cimentación:<br>-N14: | Mínimo: 75 cm<br>Calculado: 82 cm | Cumple |
| Cuantía geométrica mínima:<br>*Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08* | Mínimo: 0.0009 | |
| -Armado inferior dirección X: | Calculado: 0.0009 | Cumple |
| -Armado superior dirección X: | Calculado: 0.0009 | Cumple |
| -Armado inferior dirección Y: | Calculado: 0.0009 | Cumple |
| -Armado superior dirección Y: | Calculado: 0.0009 | Cumple |
| Cuantía mínima necesaria por flexión:<br>*Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08* | Calculado: 0.001 | |
| -Armado inferior dirección X: | Mínimo: 0.0001 | Cumple |
| -Armado inferior dirección Y: | Mínimo: 0.0005 | Cumple |
| -Armado superior dirección X: | Mínimo: 0.0001 | Cumple |
| -Armado superior dirección Y: | Mínimo: 0.0003 | Cumple |
| Diámetro mínimo de las barras:<br>*Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)* | Mínimo: 12 mm | |

| Referencia: N14<br>Dimensiones: 230 x 410 x 90<br>Armados: Xi:Ø16c/24 Yi:Ø16c/24 Xs:Ø16c/24 Ys:Ø16c/24 | | |
|---|---|---|
| Comprobación | Valores | Estado |
| - Parrilla inferior: | Calculado: 16 mm | Cumple |
| - Parrilla superior: | Calculado: 16 mm | Cumple |
| Separación máxima entre barras:<br>*Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08* | Máximo: 30 cm | |
| - Armado inferior dirección X: | Calculado: 24 cm | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y: | Calculado: 24 cm | Cumple |
| - Armado superior dirección X: | Calculado: 24 cm | Cumple |
| - Armado superior dirección Y: | Calculado: 24 cm | Cumple |
| Separación mínima entre barras:<br>*Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16* | Mínimo: 10 cm | |
| - Armado inferior dirección X: | Calculado: 24 cm | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y: | Calculado: 24 cm | Cumple |
| - Armado superior dirección X: | Calculado: 24 cm | Cumple |
| - Armado superior dirección Y: | Calculado: 24 cm | Cumple |
| Longitud de anclaje:<br>*Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991* | | |
| - Armado inf. dirección X hacia der: | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 22 cm | Cumple |
| - Armado inf. dirección X hacia izq: | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 22 cm | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba: | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 103 cm | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo: | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 103 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia der: | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 22 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia izq: | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 22 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba: | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 103 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo: | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 103 cm | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones | | |

### *7.8.2. Zapata tipo 2*

| Referencia: N11<br>Dimensiones: 270 x 370 x 85<br>Armados: Xi:Ø16c/26 Yi:Ø16c/26 Xs:Ø16c/26 Ys:Ø16c/26 | | |
|---|---|---|
| Comprobación | Valores | Estado |
| Tensiones sobre el terreno:<br>*Criterio de CYPE Ingenieros* | | |
| -Tensión media en situaciones persistentes: | Máximo: 0.2 MPa<br>Calculado: 0.0471861 MPa | Cumple |
| -Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento: | Máximo: 0.249959 MPa<br>Calculado: 0.0349236 MPa | Cumple |
| -Tensión máxima en situaciones persistentes con viento: | Máximo: 0.249959 MPa<br>Calculado: 0.0482652 MPa | Cumple |
| Vuelco de la zapata:<br>*Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.* | | |
| -En dirección X: | Reserva seguridad: 21874.8 % | Cumple |
| -En dirección Y: | Reserva seguridad: 546.4 % | Cumple |
| Flexión en la zapata: | | |
| -En dirección X: | Momento: 82.65 kN·m | Cumple |
| -En dirección Y: | Momento: 109.32 kN·m | Cumple |
| Cortante en la zapata: | | |
| -En dirección X: | Cortante: 48.07 kN | Cumple |
| -En dirección Y: | Cortante: 69.85 kN | Cumple |
| Compresión oblicua en la zapata:<br>-Situaciones persistentes:<br>*Criterio de CYPE Ingenieros* | Máximo: 5000 kN/m²<br>Calculado: 224.4 kN/m² | Cumple |
| Canto mínimo:<br>*Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08* | Mínimo: 25 cm<br>Calculado: 85 cm | Cumple |
| Espacio para anclar arranques en cimentación:<br>-N11: | Mínimo: 75 cm<br>Calculado: 77 cm | Cumple |
| Cuantía geométrica mínima:<br>*Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08* | Mínimo: 0.0009 | |
| -Armado inferior dirección X: | Calculado: 0.0009 | Cumple |
| -Armado superior dirección X: | Calculado: 0.0009 | Cumple |
| -Armado inferior dirección Y: | Calculado: 0.0009 | Cumple |
| -Armado superior dirección Y: | Calculado: 0.0009 | Cumple |
| Cuantía mínima necesaria por flexión:<br>*Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08* | Calculado: 0.001 | |
| -Armado inferior dirección X: | Mínimo: 0.0002 | Cumple |

| Referencia: N11<br>Dimensiones: 270 x 370 x 85<br>Armados: Xi:Ø16c/26 Yi:Ø16c/26 Xs:Ø16c/26 Ys:Ø16c/26 | | |
|---|---|---|
| Comprobación | Valores | Estado |
| - Armado inferior dirección Y: | Mínimo: 0.0003 | Cumple |
| - Armado superior dirección X: | Mínimo: 0.0001 | Cumple |
| - Armado superior dirección Y: | Mínimo: 0.0002 | Cumple |
| Diámetro mínimo de las barras:<br>*Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)* | Mínimo: 12 mm | |
| - Parrilla inferior: | Calculado: 16 mm | Cumple |
| - Parrilla superior: | Calculado: 16 mm | Cumple |
| Separación máxima entre barras:<br>*Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08* | Máximo: 30 cm | |
| - Armado inferior dirección X: | Calculado: 26 cm | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y: | Calculado: 26 cm | Cumple |
| - Armado superior dirección X: | Calculado: 26 cm | Cumple |
| - Armado superior dirección Y: | Calculado: 26 cm | Cumple |
| Separación mínima entre barras:<br>*Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16* | Mínimo: 10 cm | |
| - Armado inferior dirección X: | Calculado: 26 cm | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y: | Calculado: 26 cm | Cumple |
| - Armado superior dirección X: | Calculado: 26 cm | Cumple |
| - Armado superior dirección Y: | Calculado: 26 cm | Cumple |
| Longitud de anclaje:<br>*Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991* | | |
| - Armado inf. dirección X hacia der: | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 47 cm | Cumple |
| - Armado inf. dirección X hacia izq: | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 47 cm | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba: | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 87 cm | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo: | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 87 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia der: | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 47 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia izq: | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 47 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba: | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 87 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo: | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 87 cm | Cumple |

| Referencia: N11<br>Dimensiones: 270 x 370 x 85<br>Armados: Xi:Ø16c/26 Yi:Ø16c/26 Xs:Ø16c/26 Ys:Ø16c/26 | | |
|---|---|---|
| Comprobación | Valores | Estado |
| Se cumplen todas las comprobaciones | | |

### *7.8.3. Zapata tipo 3*

| Referencia: N6<br>Dimensiones: 260 x 260 x 85<br>Armados: Xi:Ø16c/26 Yi:Ø16c/26 Xs:Ø16c/26 Ys:Ø16c/26 | | |
|---|---|---|
| Comprobación | Valores | Estado |
| Tensiones sobre el terreno:<br>*Criterio de CYPE Ingenieros* | | |
| - Tensión media en situaciones persistentes: | Máximo: 0.2 MPa<br>Calculado: 0.0445374 MPa | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento: | Máximo: 0.249959 MPa<br>Calculado: 0.0513063 MPa | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento: | Máximo: 0.249959 MPa<br>Calculado: 0.089271 MPa | Cumple |
| Vuelco de la zapata:<br>*Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.* | | |
| - En dirección X: | Reserva seguridad: 43884.6 % | Cumple |
| - En dirección Y: | Reserva seguridad: 26.1 % | Cumple |
| Flexión en la zapata: | | |
| - En dirección X: | Momento: 22.89 kN·m | Cumple |
| - En dirección Y: | Momento: 88.67 kN·m | Cumple |
| Cortante en la zapata: | | |
| - En dirección X: | Cortante: 12.95 kN | Cumple |
| - En dirección Y: | Cortante: 54.15 kN | Cumple |
| Compresión oblicua en la zapata:<br>- Situaciones persistentes:<br>*Criterio de CYPE Ingenieros* | Máximo: 5000 kN/m²<br>Calculado: 74.6 kN/m² | Cumple |
| Canto mínimo:<br>*Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08* | Mínimo: 25 cm<br>Calculado: 85 cm | Cumple |
| Espacio para anclar arranques en cimentación:<br>- N6: | Mínimo: 75 cm<br>Calculado: 77 cm | Cumple |
| Cuantía geométrica mínima:<br>*Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08* | Mínimo: 0.0009 | |
| - Armado inferior dirección X: | Calculado: 0.0009 | Cumple |

| Referencia: N6<br>Dimensiones: 260 x 260 x 85<br>Armados: Xi:Ø16c/26 Yi:Ø16c/26 Xs:Ø16c/26 Ys:Ø16c/26 | | |
|---|---|---|
| Comprobación | Valores | Estado |
| - Armado superior dirección X: | Calculado: 0.0009 | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y: | Calculado: 0.0009 | Cumple |
| - Armado superior dirección Y: | Calculado: 0.0009 | Cumple |
| Cuantía mínima necesaria por flexión:<br>*Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08* | Calculado: 0.001 | |
| - Armado inferior dirección X: | Mínimo: 0.0001 | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y: | Mínimo: 0.0002 | Cumple |
| - Armado superior dirección X: | Mínimo: 0.0001 | Cumple |
| - Armado superior dirección Y: | Mínimo: 0.0002 | Cumple |
| Diámetro mínimo de las barras:<br>*Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)* | Mínimo: 12 mm | |
| - Parrilla inferior: | Calculado: 16 mm | Cumple |
| - Parrilla superior: | Calculado: 16 mm | Cumple |
| Separación máxima entre barras:<br>*Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08* | Máximo: 30 cm | |
| - Armado inferior dirección X: | Calculado: 26 cm | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y: | Calculado: 26 cm | Cumple |
| - Armado superior dirección X: | Calculado: 26 cm | Cumple |
| - Armado superior dirección Y: | Calculado: 26 cm | Cumple |
| Separación mínima entre barras:<br>*Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16* | Mínimo: 10 cm | |
| - Armado inferior dirección X: | Calculado: 26 cm | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y: | Calculado: 26 cm | Cumple |
| - Armado superior dirección X: | Calculado: 26 cm | Cumple |
| - Armado superior dirección Y: | Calculado: 26 cm | Cumple |
| Longitud de anclaje:<br>*Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991* | | |
| - Armado inf. dirección X hacia der: | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 43 cm | Cumple |
| - Armado inf. dirección X hacia izq: | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 43 cm | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba: | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 35 cm | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo: | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 35 cm | Cumple |

| Referencia: N6<br>Dimensiones: 260 x 260 x 85<br>Armados: Xi:Ø16c/26 Yi:Ø16c/26 Xs:Ø16c/26 Ys:Ø16c/26 | | |
|---|---|---|
| Comprobación | Valores | Estado |
| - Armado sup. dirección X hacia der: | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 43 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia izq: | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 43 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba: | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 35 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo: | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 35 cm | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones | | |

# III. PLIEGO DE CONDICIONES

ÍNDICE

# 1. Disposiciones generales

## 1.1. Disposiciones de carácter general

### *1.1.1. Objeto del Pliego de Condiciones*

La finalidad de este Pliego es la de fijar los criterios de la relación que se establece entre los agentes que intervienen en las obras definidas en el presente proyecto y servir de base para la realización del contrato de obra entre el promotor y el contratista.

### *1.1.2. Contrato de obra*

Se recomienda la contratación de la ejecución de las obras por unidades de obra, con arreglo a los documentos del proyecto y en cifras fijas. A tal fin, el director de obra ofrece la documentación necesaria para la realización del contrato de obra.

### *1.1.3. Documentación del contrato de obra*

Integran el contrato de obra los siguientes documentos, relacionados por orden de prelación atendiendo al valor de sus especificaciones, en el caso de posibles interpretaciones, omisiones o contradicciones:

Las condiciones fijadas en el contrato de obra.

- El presente Pliego de Condiciones.
- La documentación gráfica y escrita del Proyecto: planos generales y de detalle, memorias, anejos, mediciones y presupuestos.

En el caso de interpretación, prevalecen las especificaciones literales sobre las gráficas y las cotas sobre las medidas a escala tomadas de los planos.

### *1.1.4. Proyecto Arquitectónico*

El Proyecto Arquitectónico es el conjunto de documentos que definen y determinan las exigencias técnicas, funcionales y estéticas de las obras contempladas en la "Ley 38/1999. Ley de Ordenación de la Edificación". En él se justificará técnicamente las soluciones propuestas de acuerdo con las especificaciones requeridas por la normativa técnica aplicable.

Cuando el proyecto se desarrolle o complete mediante proyectos parciales u otros documentos técnicos sobre tecnologías específicas o instalaciones del edificio, se mantendrá entre todos ellos la necesaria coordinación, sin que se produzca una duplicidad en la documentación ni en los honorarios a percibir por los autores de los distintos trabajos indicados.

Los documentos complementarios al Proyecto serán:

- Todos los planos o documentos de obra que, a lo largo de la misma, vaya suministrando la Dirección de Obra como interpretación, complemento o precisión.

- El Libro de Órdenes y Asistencias.
- El Programa de Control de Calidad de Edificación y su Libro de Control.
- El Estudio de Seguridad y Salud o Estudio Básico de Seguridad y Salud en las obras.
- El Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo, elaborado por cada contratista.
- Estudio de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición.
- Licencias y otras autorizaciones administrativas.

### *1.1.5. Reglamentación urbanística*

La obra a construir se ajustará a todas las limitaciones del proyecto aprobado por los organismos competentes, especialmente las que se refieren al volumen, alturas, emplazamiento y ocupación del solar, así como a todas las condiciones de reforma del proyecto que pueda exigir la Administración para ajustarlo a las Ordenanzas, a las Normas y al Planeamiento Vigente.

### *1.1.6. Formalización del Contrato de Obra*

Los Contratos se formalizarán, en general, mediante documento privado, que podrá elevarse a escritura pública a petición de cualquiera de las partes.

El cuerpo de estos documentos contendrá:

- La comunicación de la adjudicación.
- La copia del recibo de depósito de la fianza (en caso de que se haya exigido).
- La cláusula en la que se exprese, de forma categórica, que el contratista se obliga al cumplimiento estricto del contrato de obra, conforme a lo previsto en este Pliego de Condiciones, junto con la Memoria y sus Anejos, el Estado de Mediciones, Presupuestos, Planos y todos los documentos que han de servir de base para la realización de las obras definidas en el presente Proyecto.

El contratista, antes de la formalización del contrato de obra, dará también su conformidad con la firma al pie del Pliego de Condiciones, los Planos, Cuadro de Precios y Presupuesto General.

Serán a cuenta del adjudicatario todos los gastos que ocasione la extensión del documento en que se consigne el contratista.

### *1.1.7. Jurisdicción competente*

En el caso de no llegar a un acuerdo cuando surjan diferencias entre las partes, ambas quedan obligadas a someter la discusión de todas las cuestiones derivadas de su contrato a las Autoridades y Tribunales Administrativos con arreglo a la legislación vigente, renunciando al derecho común y al fuero de su domicilio, siendo competente la jurisdicción donde estuviese ubicada la obra.

### *1.1.8. Ejecución de las obras y responsabilidad del contratista*

Las obras se ejecutarán con estricta sujeción a las estipulaciones contenidas en el pliego de cláusulas administrativas particulares y al proyecto que sirve de base al contrato y conforme a las instrucciones que la Dirección Facultativa de las obras diere al contratista.

Cuando las instrucciones fueren de carácter verbal, deberán ser ratificadas por escrito en el más breve plazo posible, para que sean vinculantes para las partes.

El contratista es responsable de la ejecución de las obras y de todos los defectos que en la construcción puedan advertirse durante el desarrollo de las obras y hasta que se cumpla el plazo de garantía, en las condiciones establecidas en el contrato y en los documentos que componen el Proyecto.

En consecuencia, quedará obligado a la demolición y reconstrucción de todas las unidades de obra con deficiencias o mal ejecutadas, sin que pueda servir de excusa el hecho de que la Dirección Facultativa haya examinado y reconocido la construcción durante sus visitas de obra, ni que hayan sido abonadas en liquidaciones parciales.

### *1.1.9. Accidentes de trabajo*

Es de obligado cumplimiento el "Real Decreto 1627/1997. Disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción" y demás legislación vigente que, tanto directa como indirectamente, inciden sobre la planificación de la seguridad y salud en el trabajo de la construcción, conservación y mantenimiento de edificios.

Es responsabilidad del Coordinador de Seguridad y Salud el control y el seguimiento, durante toda la ejecución de la obra, del Plan de Seguridad y Salud redactado por el contratista.

### *1.1.10. Daños y perjuicios a terceros*

El contratista será responsable de todos los accidentes que, por inexperiencia o descuido, sobrevinieran tanto en la edificación donde se efectúen las obras como en las colindantes o contiguas. Será por tanto de su cuenta el abono de las indemnizaciones a quien corresponda y cuando a ello hubiere lugar, y de todos los daños y perjuicios que puedan ocasionarse o causarse en las operaciones de la ejecución de las obras.

Asimismo, será responsable de los daños y perjuicios directos o indirectos que se puedan ocasionar frente a terceros como consecuencia de la obra, tanto en ella como en sus alrededores, incluso los que se produzcan por omisión o negligencia del personal a su cargo, así como los que se deriven de los subcontratistas e industriales que intervengan en la obra.

Es de su responsabilidad mantener vigente durante la ejecución de los trabajos una póliza de seguros frente a terceros, en la modalidad de "Todo riesgo al derribo y la construcción", suscrita por una compañía aseguradora

con la suficiente solvencia para la cobertura de los trabajos contratados. Dicha póliza será aportada y ratificada por el promotor, no pudiendo ser cancelada mientras no se firme el Acta de Recepción Provisional de la obra.

#### *1.1.1. Procedencia de materiales, aparatos y equipos*

El contratista tiene libertad de proveerse de los materiales, aparatos y equipos de todas clases donde considere oportuno y conveniente para sus intereses, excepto en aquellos casos en los se preceptúe una procedencia y características específicas en el proyecto.

Obligatoriamente, y antes de proceder a su empleo, acopio y puesta en obra, el contratista deberá presentar al director de ejecución de la obra una lista completa de los materiales, aparatos y equipos que vaya a utilizar, en la que se especifiquen todas las indicaciones sobre sus características técnicas, marcas, calidades, procedencia e idoneidad de cada uno de ellos.

#### *1.1.2. Limpieza de las obras*

Es obligación del contratista mantener limpias las obras y sus alrededores tanto de escombros como de materiales sobrantes, retirar las instalaciones provisionales que no sean necesarias, así como ejecutar todos los trabajos y adoptar las medidas que sean apropiadas para que la obra presente buen aspecto.

#### *1.1.3. Obras sin prescripciones explícitas*

En la ejecución de trabajos que pertenecen a la construcción de las obras, y para los cuales no existan prescripciones consignadas explícitamente en este Pliego ni en la restante documentación del proyecto, el contratista se atendrá, en primer término, a las instrucciones que dicte la Dirección Facultativa de las obras y, en segundo lugar, a las normas y prácticas de la buena construcción.

## 2. Pliego de condiciones técnicas particulares

### 2.1. Prescripciones sobre los materiales

Para facilitar la labor a realizar, por parte del director de la ejecución de la obra, para el control de recepción en obra de los productos, equipos y sistemas que se suministren a la obra de acuerdo con lo especificado en el "Real Decreto 314/2006. Código Técnico de la Edificación (CTE)", en el presente proyecto se especifican las características técnicas que deberán cumplir los productos, equipos y sistemas suministrados.

Los productos, equipos y sistemas suministrados deberán cumplir las condiciones que sobre ellos se especifican en los distintos documentos que componen el Proyecto. Asimismo, sus calidades serán acordes con las distintas normas que sobre ellos estén publicadas y que tendrán un carácter de complementariedad a este apartado del

Pliego. Tendrán preferencia en cuanto a su aceptabilidad aquellos materiales que estén en posesión de Documento de Idoneidad Técnica que avale sus cualidades, emitido por Organismos Técnicos reconocidos.

Este control de recepción en obra de productos, equipos y sistemas comprenderá:

- El control de la documentación de los suministros.
- El control mediante distintivos de calidad o evaluaciones técnicas de idoneidad.
- El control mediante ensayos.

Por parte del constructor o contratista debe existir obligación de comunicar a los suministradores de productos las cualidades que se exigen para los distintos materiales, aconsejándose que previamente al empleo de los mismos se solicite la aprobación del director de ejecución de la obra y de las entidades y laboratorios encargados del control de calidad de la obra.

El contratista será responsable de que los materiales empleados cumplan con las condiciones exigidas, independientemente del nivel de control de calidad que se establezca para la aceptación de los mismos.

El contratista notificará al director de ejecución de la obra, con suficiente antelación, la procedencia de los materiales que se proponga utilizar, aportando, cuando así lo solicite el director de ejecución de la obra, las muestras y datos necesarios para decidir acerca de su aceptación.

Estos materiales serán reconocidos por el director de ejecución de la obra antes de su empleo en obra, sin cuya aprobación no podrán ser acopiados en obra ni se podrá proceder a su colocación. Así mismo, aún después de colocados en obra, aquellos materiales que presenten defectos no percibidos en el primer reconocimiento, siempre que vaya en perjuicio del buen acabado de la obra, serán retirados de la obra. Todos los gastos que ello ocasionase serán a cargo del contratista.

El hecho de que el contratista subcontrate cualquier partida de obra no le exime de su responsabilidad.

La simple inspección o examen por parte de los Técnicos no supone la recepción absoluta de los mismos, siendo los oportunos ensayos los que determinen su idoneidad, no extinguiéndose la responsabilidad contractual del contratista a estos efectos hasta la recepción definitiva de la obra.

## 2.2. Garantías de calidad (Marcado CE)

El término producto de construcción queda definido como cualquier producto fabricado para su incorporación, con carácter permanente, a las obras de edificación e ingeniería civil que tengan incidencia sobre los siguientes requisitos esenciales:

- Resistencia mecánica y estabilidad.
- Seguridad en caso de incendio.
- Higiene, salud y medio ambiente.
- Seguridad de utilización.
- Protección contra el ruido.
- Ahorro de energía y aislamiento térmico.

El marcado CE de un producto de construcción indica:

- Que éste cumple con unas determinadas especificaciones técnicas relacionadas con los requisitos esenciales contenidos en las Normas Armonizadas (EN) y en las Guías DITE (Guías para el Documento de Idoneidad Técnica Europeo).
- Que se ha cumplido el sistema de evaluación y verificación de la constancia de las prestaciones indicado en los mandatos relativos a las normas armonizadas y en las especificaciones técnicas armonizadas.

Siendo el fabricante el responsable de su fijación y la Administración competente en materia de industria la que vele por la correcta utilización del marcado CE.

Es obligación del director de la ejecución de la obra verificar si los productos que entran en la obra están afectados por el cumplimiento del sistema del marcado CE y, en caso de ser así, si se cumplen las condiciones establecidas en el "Real Decreto 1630/1992. Disposiciones para la libre circulación de productos de construcción, en aplicación de la Directiva 89/106/CEE".

El marcado CE se materializa mediante el símbolo “CE” acompañado de una información complementaria.

El fabricante debe cuidar de que el marcado CE figure, por orden de preferencia:

- En el producto propiamente dicho.
- En una etiqueta adherida al mismo.
- En su envase o embalaje.
- En la documentación comercial que le acompaña.

Las letras del símbolo CE deben tener una dimensión vertical no inferior a 5 mm.

Además del símbolo CE deben estar situadas en una de las cuatro posibles localizaciones una serie de inscripciones complementarias, cuyo contenido específico se determina en las normas armonizadas y Guías DITE para cada familia de productos, entre las que se incluyen:

- el número de identificación del organismo notificado (cuando proceda)
- el nombre comercial o la marca distintiva del fabricante
- la dirección del fabricante
- el nombre comercial o la marca distintiva de la fábrica
- las dos últimas cifras del año en el que se ha estampado el marcado en el producto
- el número del certificado CE de conformidad (cuando proceda)
- el número de la norma armonizada y en caso de verse afectada por varias los números de todas ellas
- la designación del producto, su uso previsto y su designación normalizada
- información adicional que permita identificar las características del producto atendiendo a sus especificaciones técnicas

Las inscripciones complementarias del marcado CE no tienen por qué tener un formato, tipo de letra, color o composición especial, debiendo cumplir únicamente las características reseñadas anteriormente para el símbolo.

Dentro de las características del producto podemos encontrar que alguna de ellas presente la mención "Prestación no determinada" (PND).

La opción PND es una clase que puede ser considerada si al menos un estado miembro no tiene requisitos legales para una determinada característica y el fabricante no desea facilitar el valor de esa característica.

## 2.3. Hormigones

### *2.3.1. Hormigón estructural*

***Condiciones de suministro***

- El hormigón se debe transportar utilizando procedimientos adecuados para conseguir que las masas lleguen al lugar de entrega en las condiciones estipuladas, sin experimentar variación sensible en las características que poseían recién amasadas.
- Cuando el hormigón se amasa completamente en central y se transporta en amasadoras móviles, el volumen de hormigón transportado no deberá exceder del 80% del volumen total del tambor. Cuando el hormigón se amasa, o se termina de amasar, en amasadora móvil, el volumen no excederá de los dos tercios del volumen total del tambor.
- Los equipos de transporte deberán estar exentos de residuos de hormigón o mortero endurecido, para lo cual se limpiarán cuidadosamente antes de proceder a la carga de una nueva masa fresca de hormigón. Asimismo, no deberán presentar desperfectos o desgastes en las paletas o en su superficie interior que puedan afectar a la homogeneidad del hormigón.
- El transporte podrá realizarse en amasadoras móviles, a la velocidad de agitación, o en equipos con o sin agitadores, siempre que tales equipos tengan superficies lisas y redondeadas y sean capaces de mantener la homogeneidad del hormigón durante el transporte y la descarga.

***Recepción y control***

Documentación de los suministros:

- Los suministradores entregarán al Constructor, quién los facilitará a la Dirección Facultativa, cualquier documento de identificación del producto exigido por la reglamentación aplicable o, en su caso, por el proyecto o por la Dirección Facultativa. Se facilitarán los siguientes documentos:

Antes del suministro:

- Los documentos de conformidad o autorizaciones administrativas exigidas reglamentariamente.
- Se entregarán los certificados de ensayo que garanticen el cumplimiento de lo establecido en la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08).

Durante el suministro:

- Cada carga de hormigón fabricado en central, tanto si ésta pertenece o no a las instalaciones de obra, irá acompañada de una hoja de suministro que estará en todo momento a disposición de la Dirección de Obra, y en la que deberán figurar, como mínimo, los siguientes datos:
    - Nombre de la central de fabricación de hormigón.
    - Número de serie de la hoja de suministro.
    - Fecha de entrega.
    - Nombre del peticionario y del responsable de la recepción.
    - Especificación del hormigón.

En el caso de que el hormigón se designe por propiedades:

- Designación.
- Contenido de cemento en kilos por metro cúbico (kg/m³) de hormigón, con una tolerancia de ±15 kg.
- Relación agua/cemento del hormigón, con una tolerancia de ±0,02.

En el caso de que el hormigón se designe por dosificación:

- Contenido de cemento por metro cúbico de hormigón.
- Relación agua/cemento del hormigón, con una tolerancia de ±0,02.
- Tipo de ambiente.
- Tipo, clase y marca del cemento.
- Consistencia.
- Tamaño máximo del árido.
- Tipo de aditivo, si lo hubiere, y en caso contrario indicación expresa de que no contiene.
- Procedencia y cantidad de adición (cenizas volantes o humo de sílice) si la hubiere y, en caso contrario, indicación expresa de que no contiene.
- Designación específica del lugar del suministro (nombre y lugar).
- Cantidad de hormigón que compone la carga, expresada en metros cúbicos de hormigón fresco.
- Identificación del camión hormigonera (o equipo de transporte) y de la persona que proceda a la descarga.
- Hora límite de uso para el hormigón.

Después del suministro:

- El certificado de garantía del producto suministrado, firmado por persona física con poder de representación suficiente.

Ensayos:

- La comprobación de las propiedades o características exigibles a este material se realiza según la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08).

***Conservación, almacenamiento y manipulación***

En el vertido y colocación de las masas, incluso cuando estas operaciones se realicen de un modo continuo mediante conducciones apropiadas, se adoptarán las debidas precauciones para evitar la disgregación de la mezcla.

***Recomendaciones para su uso en obra***

El tiempo transcurrido entre la adición de agua de amasado al cemento y a los áridos y la colocación del hormigón, no debe ser mayor de hora y media. En tiempo caluroso, o bajo condiciones que contribuyan a un rápido fraguado del hormigón, el tiempo límite deberá ser inferior, a menos que se adopten medidas especiales que, sin perjudicar la calidad del hormigón, aumenten el tiempo de fraguado.

- Hormigonado en tiempo frío:

La temperatura de la masa de hormigón, en el momento de verterla en el molde o encofrado, no será inferior a 5°C.

Se prohíbe verter el hormigón sobre elementos (armaduras, moldes, etc.) cuya temperatura sea inferior a cero grados centígrados.

En general, se suspenderá el hormigonado siempre que se prevea que, dentro de las cuarenta y ocho horas siguientes, pueda descender la temperatura ambiente por debajo de cero grados centígrados.

En los casos en que, por absoluta necesidad, se hormigone en tiempo de heladas, se adoptarán las medidas necesarias para garantizar que, durante el fraguado y primer endurecimiento del hormigón, no se producirán deterioros locales en los elementos correspondientes, ni mermas permanentes apreciables de las características resistentes del material.

- Hormigonado en tiempo caluroso:

Si la temperatura ambiente es superior a 40°C o hay un viento excesivo, se suspenderá el hormigonado, salvo que, previa autorización expresa de la Dirección de Obra, se adopten medidas especiales.

## 2.4. Aceros para hormigón armado

### *2.4.1. Aceros corrugados*

***Condiciones de suministro***

Los aceros se deben transportar protegidos adecuadamente contra la lluvia y la agresividad de la atmósfera ambiental.

***Recepción y control***

Documentación de los suministros:

- Los suministradores entregarán al Constructor, quién los facilitará a la Dirección Facultativa, cualquier documento de identificación del producto exigido por la reglamentación aplicable o, en su caso, por el proyecto o por la Dirección Facultativa. Se facilitarán los siguientes documentos:

Antes del suministro:

- Los documentos de conformidad o autorizaciones administrativas exigidas reglamentariamente.
- Hasta la entrada en vigor del marcado CE, se adjuntarán los certificados de ensayo que garanticen el cumplimiento de las siguientes características:
- Características mecánicas mínimas garantizadas por el fabricante.
- Ausencia de grietas después del ensayo de doblado-desdoblado.
- Aptitud al doblado simple.
- Los aceros soldables con características especiales de ductilidad deberán cumplir los requisitos de los ensayos de fatiga y deformación alternativa.
- Características de adherencia. Cuando el fabricante garantice las características de adherencia mediante el ensayo de la viga, presentará un certificado de homologación de adherencia, en el que constará, al menos:
    - Marca comercial del acero.
    - Forma de suministro: barra o rollo.
    - Límites admisibles de variación de las características geométricas de los resaltos.
- Composición química.

En la documentación, además, constará:

- El nombre del laboratorio. En el caso de que no se trate de un laboratorio público, declaración de estar acreditado para el ensayo referido.
- Fecha de emisión del certificado.

Durante el suministro:

- Las hojas de suministro de cada partida o remesa.
- Hasta la entrada en vigor del marcado CE, se adjuntará una declaración del sistema de identificación del acero que haya empleado el fabricante.
- La clase técnica se especificará mediante un código de identificación del tipo de acero mediante engrosamientos u omisiones de corrugas o grafilas. Además, las barras corrugadas deberán llevar grabadas las marcas de identificación que incluyen información sobre el país de origen y el fabricante.

- En el caso de que el producto de acero corrugado sea suministrado en rollo o proceda de operaciones de enderezado previas a su suministro, deberá indicarse explícitamente en la correspondiente hoja de suministro.
- En el caso de barras corrugadas en las que, dadas las características del acero, se precise de procedimientos especiales para el proceso de soldadura, el fabricante deberá indicarlos.

Después del suministro:

- El certificado de garantía del producto suministrado, firmado por persona física con poder de representación suficiente.

Distintivos de calidad y evaluaciones de idoneidad técnica:

- En su caso, los suministradores entregarán al Constructor, quién la facilitará a la Dirección Facultativa, una copia compulsada por persona física de los certificados que avalen que los productos que se suministrarán están en posesión de un distintivo de calidad oficialmente reconocido, donde al menos constará la siguiente información:
    - Identificación de la entidad certificadora.
    - Logotipo del distintivo de calidad.
    - Identificación del fabricante.
    - Alcance del certificado.
    - Garantía que queda cubierta por el distintivo (nivel de certificación).
    - Número de certificado.
    - Fecha de expedición del certificado.
- Antes del inicio del suministro, la Dirección Facultativa valorará, en función del nivel de garantía del distintivo y de acuerdo con lo indicado en el proyecto y lo establecido en la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08), si la documentación aportada es suficiente para la aceptación del producto suministrado o, en su caso, qué comprobaciones deben efectuarse.

Ensayos:

- La comprobación de las propiedades o características exigibles a este material se realiza según la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08).
- En el caso de efectuarse ensayos, los laboratorios de control facilitarán sus resultados acompañados de la incertidumbre de medida para un determinado nivel de confianza, así como la información relativa a las fechas, tanto de la entrada de la muestra en el laboratorio como de la realización de los ensayos.
- Las entidades y los laboratorios de control de calidad entregarán los resultados de su actividad al agente autor del encargo y, en todo caso, a la Dirección Facultativa.

***Conservación, almacenamiento y manipulación***

- Durante el almacenamiento las armaduras se protegerán adecuadamente contra la lluvia y de la agresividad de la atmósfera ambiental. Hasta el momento de su empleo, se conservarán en obra, cuidadosamente clasificadas según sus tipos, calidades, diámetros y procedencias, para garantizar la necesaria trazabilidad.
- Antes de su utilización y especialmente después de un largo periodo de almacenamiento en obra, se examinará el estado de su superficie, con el fin de asegurarse de que no presenta alteraciones perjudiciales. Una ligera capa de óxido en la superficie de las barras no se considera perjudicial para su utilización. Sin embargo, no se admitirán pérdidas de peso por oxidación superficial, comprobadas después de una limpieza con cepillo de alambres hasta quitar el óxido adherido, que sean superiores al 1% respecto al peso inicial de la muestra.
- En el momento de su utilización, las armaduras pasivas deben estar exentas de sustancias extrañas en su superficie tales como grasa, aceite, pintura, polvo, tierra o cualquier otro material perjudicial para su buena conservación o su adherencia.
- La elaboración de armaduras mediante procesos de ferralla requiere disponer de unas instalaciones que permitan desarrollar, al menos, las siguientes actividades:
    - Almacenamiento de los productos de acero empleados.
    - Proceso de enderezado, en el caso de emplearse acero corrugado suministrado en rollo.
    - Procesos de corte, doblado, soldadura y armado, según el caso.

***Recomendaciones para su uso en obra***

- Para prevenir la corrosión, se deberá tener en cuenta todas las consideraciones relativas a los espesores de recubrimiento.
- Con respecto a los materiales empleados, se prohíbe poner en contacto las armaduras con otros metales de muy diferente potencial galvánico.
- Se prohíbe emplear materiales componentes (agua, áridos, aditivos y/o adiciones) que contengan iones despasivantes, como cloruros, sulfuros y sulfatos, en proporciones superiores a las establecidas.

## 2.5. Aceros para estructuras metálicas

### *2.5.1. Aceros en perfiles laminados*

***Condiciones de suministro***

Los aceros se deben transportar de una manera segura, de forma que no se produzcan deformaciones permanentes y los daños superficiales sean mínimos. Los componentes deben estar protegidos contra posibles daños en los puntos de eslingado (por donde se sujetan para izarlos).

Los componentes prefabricados que se almacenan antes del transporte o del montaje deben estar apilados por encima del terreno y sin contacto directo con éste. Debe evitarse cualquier acumulación de agua. Los componentes deben mantenerse limpios y colocados de forma que se eviten las deformaciones permanentes.

***Recepción y control***

Documentación de los suministros:

Para los productos planos:

- Salvo acuerdo en contrario, el estado de suministro de los productos planos de los tipos S235, S275 y S355 de grado JR queda a elección del fabricante.
- Si en el pedido se solicita inspección y ensayo, se deberá indicar:
- Tipo de inspección y ensayos (específicos o no específicos).
- El tipo de documento de la inspección.

Para los productos largos:

- Salvo acuerdo en contrario, el estado de suministro de los productos largos de los tipos S235, S275 y S355 de grado JR queda a elección del fabricante.

Ensayos:

- La comprobación de las propiedades o características exigibles a este material se realiza según la normativa vigente.

***Conservación, almacenamiento y manipulación***

Si los materiales han estado almacenados durante un largo periodo de tiempo, o de una manera tal que pudieran haber sufrido un deterioro importante, deberán ser comprobados antes de ser utilizados, para asegurarse de que siguen cumpliendo con la norma de producto correspondiente. Los productos de acero resistentes a la corrosión atmosférica pueden requerir un chorreo ligero antes de su empleo para proporcionarles una base uniforme para la exposición a la intemperie.

El material deberá almacenarse en condiciones que cumplan las instrucciones de su fabricante, cuando se disponga de éstas.

***Recomendaciones para su uso en obra***

El material no deberá emplearse si se ha superado la vida útil en almacén especificada por su fabricante.

## 2.6. Prescripciones en cuanto a la Ejecución por Unidad de Obra

Las prescripciones para la ejecución de cada una de las diferentes unidades de obra se organizan en los siguientes apartados:

***Medidas para asegurar la compatibilidad entre los diferentes productos, elementos y sistemas constructivos que componen la unidad de obra.***

Se especifican, en caso de que existan, las posibles incompatibilidades, tanto físicas como químicas, entre los diversos componentes que componen la unidad de obra, o entre el soporte y los componentes.

***Características técnicas***

Se describe la unidad de obra, detallando de manera pormenorizada los elementos que la componen, con la nomenclatura específica correcta de cada uno de ellos, de acuerdo a los criterios que marca la propia normativa.

***Normativa de aplicación***

Se especifican las normas que afectan a la realización de la unidad de obra.

***Criterio de medición en proyecto***

Indica cómo se ha medido la unidad de obra en la fase de redacción del proyecto, medición que luego será comprobada en obra.

***Condiciones previas que han de cumplirse antes de la ejecución de las unidades de obra***

Antes de iniciarse los trabajos de ejecución de cada una de las unidades de obra, el director de la ejecución de la obra habrá recepcionado los materiales y los certificados acreditativos exigibles, en base a lo establecido en la documentación pertinente por el técnico redactor del proyecto. Será preceptiva la aceptación previa por parte del director de la ejecución de la obra de todos los materiales que constituyen la unidad de obra.

Así mismo, se realizarán una serie de comprobaciones previas sobre las condiciones del soporte, las condiciones ambientales del entorno, y la cualificación de la mano de obra, en su caso.

***Del soporte***

Se establecen una serie de requisitos previos sobre el estado de las unidades de obra realizadas previamente, que pueden servir de soporte a la nueva unidad de obra.

***Ambientales***

En determinadas condiciones climáticas (viento, lluvia, humedad, etc.) no podrán iniciarse los trabajos de ejecución de la unidad de obra, deberán interrumpirse o será necesario adoptar una serie de medidas protectoras.

***Del contratista***

En algunos casos, será necesaria la presentación al director de la ejecución de la obra de una serie de documentos por parte del contratista, que acrediten su cualificación, o la de la empresa por él subcontratada, para realizar cierto tipo de trabajos. Por ejemplo la puesta en obra de sistemas constructivos en posesión de un Documento de Idoneidad Técnica (DIT), deberán ser realizados por la propia empresa propietaria del DIT, o por empresas especializadas y cualificadas, reconocidas por ésta y bajo su control técnico.

***Proceso de ejecución***

En este apartado se desarrolla el proceso de ejecución de cada unidad de obra, asegurando en cada momento las condiciones que permitan conseguir el nivel de calidad previsto para cada elemento constructivo en particular.

***Fases de ejecución***

Se enumeran, por orden de ejecución, las fases de las que consta el proceso de ejecución de la unidad de obra.

***Condiciones de terminación***

En algunas unidades de obra se hace referencia a las condiciones en las que debe finalizarse una determinada unidad de obra, para que no interfiera negativamente en el proceso de ejecución del resto de unidades.

Una vez terminados los trabajos correspondientes a la ejecución de cada unidad de obra, el contratista retirará los medios auxiliares y procederá a la limpieza del elemento realizado y de las zonas de trabajo, recogiendo los restos de materiales y demás residuos originados por las operaciones realizadas para ejecutar la unidad de obra, siendo todos ellos clasificados, cargados y transportados a centro de reciclaje, vertedero específico o centro de acogida o transferencia.

***Pruebas de servicio***

En aquellas unidades de obra que sea necesario, se indican las pruebas de servicio a realizar por el propio contratista o empresa instaladora, cuyo coste se encuentra incluido en el propio precio de la unidad de obra.

Aquellas otras pruebas de servicio o ensayos que no están incluidos en el precio de la unidad de obra, y que es obligatoria su realización por medio de laboratorios acreditados se encuentran detalladas y presupuestadas, en el correspondiente capítulo X de Control de Calidad y Ensayos, del Presupuesto de Ejecución Material (PEM). Por ejemplo, esto es lo que ocurre en la unidad de obra ADP010, donde se indica que no está incluido en el precio de la unidad de obra el coste del ensayo de densidad y humedad "in situ".

***Conservación y mantenimiento***

En algunas unidades de obra se establecen las condiciones en que deben protegerse para la correcta conservación y mantenimiento en obra, hasta su recepción final.

***Criterio de medición en obra y condiciones de abono***

Indica cómo se comprobarán en obra las mediciones de Proyecto, una vez superados todos los controles de calidad y obtenida la aceptación final por parte del director de ejecución de la obra.

La medición del número de unidades de obra que ha de abonarse se realizará, en su caso, de acuerdo con las normas que establece este capítulo, tendrá lugar en presencia y con intervención del contratista, entendiendo que éste renuncia a tal derecho si, avisado oportunamente, no compareciese a tiempo. En tal caso, será válido el resultado que el director de ejecución de la obra consigne.

Todas las unidades de obra se abonarán a los precios establecidos en el Presupuesto. Dichos precios se abonarán por las unidades terminadas y ejecutadas con arreglo al presente Pliego de Condiciones Técnicas Particulares y Prescripciones en cuanto a la Ejecución por Unidad de Obra.

Estas unidades comprenden el suministro, cánones, transporte, manipulación y empleo de los materiales, maquinaria, medios auxiliares, mano de obra necesaria para su ejecución y costes indirectos derivados de estos conceptos, así como cuantas necesidades circunstanciales se requieran para la ejecución de la obra, tales como indemnizaciones por daños a terceros u ocupaciones temporales y costos de obtención de los permisos necesarios, así como de las operaciones necesarias para la reposición de servidumbres y servicios públicos o privados afectados tanto por el proceso de ejecución de las obras como por las instalaciones auxiliares.

Igualmente, aquellos conceptos que se especifican en la definición de cada unidad de obra, las operaciones descritas en el proceso de ejecución, los ensayos y pruebas de servicio y puesta en funcionamiento, inspecciones, permisos, boletines, licencias, tasas o similares.

No será de abono al contratista mayor volumen de cualquier tipo de obra que el definido en los planos o en las modificaciones autorizadas por la Dirección Facultativa. Tampoco le será abonado, en su caso, el coste de la restitución de la obra a sus dimensiones correctas, ni la obra que hubiese tenido que realizar por orden de la Dirección Facultativa para subsanar cualquier defecto de ejecución.

## 2.7. Condiciones técnicas para la ejecución y montaje de instalaciones eléctricas en baja tensión

### *2.7.1. Objeto*

El objeto del presente documento es el fijar las mínimas condiciones técnicas que cumplirán las instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a red.

Comprende lo relacionado con los sistemas mecánicos, eléctricos y electrónicos que comprenden este tipo de instalaciones.

### *2.7.2. Generalidades*

Como principio general se debe asegurar, como mínimo, un grado de aislamiento eléctrico de tipo básico clase I en lo que afecta tanto a equipos (módulos e inversores), como a materiales (conductores, cajas y armarios de conexión), exceptuando el cableado de continua, que será de doble aislamiento.

La instalación incorporará todos los elementos y características necesarios para garantizar en todo momento la calidad del suministro eléctrico.

El funcionamiento de la instalación no provocará averías en la red, previéndose los elementos necesarios para evitar estas averías. Tampoco se producirán disminuciones de las condiciones de seguridad ni alteraciones superiores a las admitidas por la normativa que resulte aplicable.

Asimismo, el funcionamiento de estas instalaciones no podrá dar origen a condiciones peligrosas de trabajo para el personal de mantenimiento y explotación de la red de distribución.

Los materiales situados en intemperie se protegerán contra los agentes ambientales, en particular contra el efecto de la radiación solar y la humedad.

Se incluirán todos los elementos necesarios de seguridad y protecciones propias de las personas y de la instalación fotovoltaica, asegurando la protección frente a contactos directos e indirectos, cortocircuitos, sobrecargas, así como otros elementos y protecciones que resulten de la aplicación de la legislación vigente.

### *2.7.3. Calidad de materiales*

Todos los materiales a emplear en la presente instalación serán de primera calidad y reunirán las condiciones exigidas en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y demás disposiciones vigentes referentes a materiales y prototipos de construcción.

Todos los materiales podrán ser sometidos a los análisis o pruebas, por cuenta de la contrata, que se crean necesarios para acreditar su calidad. Cualquier otro que haya sido especificado y sea necesario emplear deberá ser aprobado por la Dirección Técnica, bien entendiendo que será rechazado el que no reúna las condiciones exigidas por la buena práctica de la instalación.

Todos los trabajos incluidos en el presente proyecto se ejecutarán esmeradamente, con arreglo a las buenas prácticas de las instalaciones eléctricas, de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, y cumpliendo estrictamente las instrucciones recibidas por la Dirección Facultativa.

### *2.7.4. Componentes básicos de la central fotovoltaica*

Los módulos fotovoltaicos a instalar están constituidos por células fotovoltaicas de silicio de alta eficiencia, con conexiones redundantes múltiples en la parte delantera y trasera de cada célula, ayudan a asegurar la fiabilidad del circuito del módulo. Estarán construidos con marcos laterales de metal y el frente de vidrio, de conformidad con estrictas normas de calidad, para soportar las inclemencias climáticas más duras, funcionando eficazmente sin interrupción durante su larga vida útil. Estas células de alta eficiencia, estarán protegidas contra la suciedad, humedad y golpes por un frente especial de vidrio templado antirreflector de bajo contenido en hierro y una lámina de TEDLAR en su parte posterior, asegurando de esta forma su total estanqueidad.

#### *2.7.4.1. Conductores eléctricos*

Los conductores o cables serán siempre aislados, de cobre o aluminio y los materiales utilizados y las condiciones de instalación cumplirán con las prescripciones establecidas en la ITC-BT-06 y la ITC-BT-07 para redes aéreas o subterráneas de distribución de energía eléctrica respectivamente.

#### *2.7.4.2. Conductores de protección*

Los conductores de protección serán de cobre, con el mismo criterio en cuanto al aislamiento que los conductores activos.

Su instalación se efectuará por la misma canalización que la empleada para los conductores activos, siendo la sección de los conductores vendrá determinada en función de lo especificado en la Instrucción ITC-BT-18 del R.E.B.T., en función de la sección de los conductores de fase.

#### *2.7.4.3. Identificación de los conductores*

La identificación de los conductores se efectuará atendiendo al color del aislamiento de los mismos, siendo el criterio adoptado el siguiente:

- Negro, marrón y gris para los conductores de fase.
- Azul claro para el conductor neutro.

- Amarillo-verde para el conductor de tierra.

*2.7.4.4. Tubos de protección*

El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo líneas paralelas a las verticales y horizontales que limitan el local de la instalación. Los tubos se unirán entre sí mediante accesorios adecuados a su clase que aseguren la continuidad de la protección que proporcionan a los conductores.

En ningún caso se permitirá la unión entre conductores, tales como empalmes o derivaciones por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los conductores, sino que deberá realizarse siempre utilizando bornes de conexión montados individualmente o constituyendo bloques o regletas de conexión; puede permitirse asimismo la utilización de bridas de conexión.

El diámetro interior nominal de las canalizaciones se calculará según lo especificado en la Instrucción ITC-BT-21, atendiendo al número, clase y sección de los conductores que deban alojarse en las mismas.

*2.7.4.5. Cajas de empalme y derivación*

Las dimensiones de las mismas deben asegurar un alojamiento holgado de los conductores. La profundidad de las mismas equivaldrá, como mínimo, al diámetro del tubo más un 50 % del mismo, con un mínimo de 40 mm. de profundidad y 80 mm. de diámetro o lado interior. En el caso de requerir un grado adecuado de estanqueidad, la entrada de tubos a la caja de conexión se realizará mediante prensaestopas adecuados para tal fin. Las cajas dispondrán de tapa del mismo material, ajustándose a presión, rosca o tornillos.

En ningún caso se permitirá la unión de conductores, como empalmes o derivaciones por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los conductores, sino que deberá realizarse siempre utilizando bornes de conexión montados individualmente o constituyendo bloques o regletas de conexión. Dichas conexiones se realizarán siempre en las cajas de conexión.

*2.7.4.6. Aparatos de mando y maniobra*

Se emplearán interruptores y conmutadores que permitan cortar la corriente máxima del circuito en que están colocados, sin dar lugar a la formación de arco permanente. Presentarán dos posiciones, una de circuito abierto y otra de circuito cerrado, no dando lugar a posiciones intermedias. Serán de tipo cerrado y construidos con material aislante. Las dimensiones de las piezas de contacto serán tales que la temperatura no exceda, en ningún caso, de 65 ºC en ninguna de sus piezas. Su construcción deberá permitir un número mínimo de maniobras de apertura-cierre, siendo estas de orden de 5.000 bajo condiciones de tensión y carga nominal de trabajo. Deberán haber superado las pruebas correspondientes a tensiones de 500 a 1000 voltios. Llevarán marcado la tensión nominal en voltios y la intensidad nominal en amperios.

*2.7.4.7. Aparatos de protección*

Corresponderán a los fusibles calibrados, interruptores diferenciales, disyuntores magnetotérmicos y los pequeños interruptores automáticos.

Los disyuntores serán del tipo magnetotérmico capaces de cortar la corriente máxima del circuito en que están alojados, sin dar lugar a la formación de arcos permanentes, abriendo y cerrando los circuitos sin posibilidad de tomar una posición intermedia.

Su capacidad de corte para la protección del cortocircuito, estará de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en un punto de su instalación. Para la protección contra calentamiento de las líneas, deberá asegurar una temperatura inferior a 60 ºC. En dichos aparatos deberá aparecer indicado la tensión e intensidad nominal de funcionamiento, así como indicador de su desconexión.

Tanto los disyuntores como los interruptores diferenciales, cuando no puedan soportar las corrientes de cortocircuito antes mencionadas, deberán ir combinados con fusibles calibrados.

Los fusibles empleados para la protección de circuitos secundarios, deberán estar calibrados en función de la intensidad del circuito que deban proteger. Su disposición será sobre material aislante e incombustible, y su construcción de forma que no se puedan proyectar partículas metálicas al fundirse. Se podrán recambiar bajo tensión sin ofrecer peligro alguno, y llevarán indicada la intensidad y tensión nominal de trabajo.

## 2.8. Puesta a tierra de las instalaciones fotovoltaicas

Las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en el REBT sobre las condiciones de puesta a tierra en instalaciones fotovoltaicas conectadas a red de baja tensión.

Dichas instalaciones de puesta a tierra cumplirán con el aislamiento adecuado y las masas estarán conectadas a una única tierra.

## 2.9. Pruebas reglamentarias

La Empresa Suministradora de energía procederá antes de la conexión, a verificar las mismas en relación con el aislamiento que presentan con respecto a las corrientes de fuga que se produzcan en los receptores de uso simultáneo conectados a la misma.

Cuando los valores obtenidos en la indicada verificación sean inferiores o superiores, a los señalados respectivamente para el aislamiento y corrientes de fuga, la Empresa Suministradora no podrá conectar a sus redes las instalaciones receptoras, debiendo en cada caso poner el hecho en conocimiento de la Delegación Provincial del Ministerio de Industria en el plazo más breve posible.

En todo caso los servicios técnicos de la Empresa Suministradora se extenderán un boletín en el que conste el resultado de la comprobación que deberá ser firmado igualmente por el abonado, dándose por enterado.

## 2.10. Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad

La propiedad recibirá a la entrega de la instalación, planos definitivos del montaje de la misma.

No se podrá modificar la instalación sin la previa intervención del Instalador autorizado o Técnico competente según corresponda.

El inversor es un equipo electrónico que no incluye partes que sufran desgaste con el tiempo, el mantenimiento del equipo vendrá dado por las condiciones y requerimientos dados por la garantía del inversor y los manuales de operación y mantenimiento dados por el fabricante.

La revisión periódica de la instalación debe comprobar el estado de las conexiones y el aprieto de las bornas, así como la acumulación de polvo y suciedad que se pueda producir en el conducto de ventilación.

La revisión del equipo se debe hacer extensiva a la revisión de la instalación completa. En cualquier caso, esta revisión debe ser realizada por profesionales.

Cada cinco años se comprobarán los dispositivos de protección contra cortocircuitos contactos directos e indirectos, así como sus intensidades nominales en relación con la sección de los conductores que protegen.

Para ausencias prolongadas se desconectará el interruptor diferencial.

Cada dos años se comprobará mediante inspección visual el estado frente a la corrosión de todas las conexiones, así como la continuidad de las líneas.

Las especificaciones mencionadas hasta ahora, cumplirán las condiciones de Seguridad en el Trabajo, que se exponen a continuación.

Durante la fase de realización de la instalación, así como en el mantenimiento de la misma, los trabajos se efectuarán sin tensión en las líneas, verificándose tal circunstancia mediante en oportuno comprobador de tensión.

En el lugar de trabajo se encontrarán como mínimo un número de dos operarios.

Las herramientas empleadas deberán estar perfectamente aisladas.

Cuando sea preciso el uso de aparatos o herramientas con accionamiento eléctrico, estos estarán dotados de grado de aislamiento II, o bien estarán alimentados a tensión inferior a 50 V., mediante transformador de seguridad.

Se cumplirán además todas las disposiciones de aplicación de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y en especial el RD referente a las Condiciones de los Lugares de Trabajo.

**2.11.Certificados y documentación**

Previamente a la iniciación de los trabajos de instalación eléctrica a que se refiere el presente proyecto o durante el período de montaje, la Dirección de Obra podrá solicitar certificados de homologación de los materiales que intervienen en la instalación eléctrica, así como documentación y catálogos en los que se indiquen las características principales.

Una vez se haya terminado la instalación y una vez comprobada en todos sus extremos, se procederá a la certificación de la misma por el Director de la Obra, ante la Consellería de Infraestructuras y Transporte correspondiente, con objeto de la obtención del permiso, bien sea provisional o definitivo para conexión de la instalación a la red de la compañía eléctrica.

# IV. PRESUPUESTO

# ÍNDICE DE PRESUPUESTO

## 1. Justificación de precios

**Proyecto: ESTRUCTURA METÁLICA PARA ALMACENAMIENTO DE MATERIALES CERÁMICOS E INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA.**

***Cuadro de Precios Unitarios. Mano de obra.***

| Num. | Código | Denominación de la mano de obra | Precio € |
|---|---|---|---|
| 1 | mo045 | Oficial 1ª estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón. | 16,980 |
| 2 | mo043 | Oficial 1ª ferrallista. | 16,980 |
| 3 | mo047 | Oficial 1ª montador de estructura metálica. | 16,980 |
| 4 | mo051 | Oficial 1ª montador de cerramientos industriales. | 16,710 |
| 5 | mo009 | Oficial 1ª instalador de captadores solares. | 16,710 |
| 6 | mo008 | Oficial 1ª fontanero. | 16,710 |
| 7 | mo003 | Oficial 1ª electricista. | 16,710 |
| 8 | mo087 | Ayudante construcción de obra civil. | 16,430 |
| 9 | mo020 | Oficial 1ª construcción. | 16,170 |
| 10 | mo092 | Ayudante estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón. | 15,660 |
| 11 | mo094 | Ayudante montador de estructura metálica. | 15,660 |
| 12 | mo090 | Ayudante ferrallista. | 15,660 |
| 13 | mo098 | Ayudante montador de cerramientos industriales. | 14,910 |
| 14 | mo107 | Ayudante fontanero. | 14,890 |
| 15 | mo108 | Ayudante instalador de captadores solares. | 14,890 |
| 16 | mo102 | Ayudante electricista. | 14,890 |
| 17 | mo112 | Peón especializado construcción. | 14,570 |
| 18 | mo113 | Peón ordinario construcción. | 14,130 |

**Proyecto: ESTRUCTURA METÁLICA PARA ALMACENAMIENTO DE MATERIALES CERÁMICOS E INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA.**

**Cuadro de Precios Unitaros. Maquinaria.**

| Num. | Código | Denominación de la maquinaria | Precio € |
|---|---|---|---|
| 1 | mq07ple010bg | Alquiler diario de cesta elevadora de brazo articulado, motor diesel, de 16 m de altura máxima de trabajo, incluso mantenimiento y seguro de responsabilidad civil. | 60,653 |
| 2 | mq01exn050c | Retroexcavadora sobre neumáticos, de 85 kW, con martillo rompedor. | 32,525 |
| 3 | mq07gte010a | Grúa autopropulsada de brazo telescópico con una capacidad de elevación de 12 t y 20 m de altura máxima de trabajo. | 24,934 |
| 4 | mq04cab010c | Camión basculante de 12 t de carga, de 162 kW. | 21,140 |
| 5 | mq01ret010 | Miniretrocargadora sobre neumáticos de 15 kW. | 20,764 |
| 6 | mq01ret020b | Retrocargadora sobre neumáticos, de 70 kW. | 18,431 |
| 7 | mq11eqc010 | Cortadora de pavimento con arranque, desplazamiento y regulación del disco de corte manuales. | 18,180 |
| 8 | mq04dua020b | Dumper de descarga frontal de 2 t de carga útil. | 9,270 |
| 9 | mq08sol010 | Equipo de oxicorte, con acetileno como combustible y oxígeno como comburente. | 3,675 |
| 10 | mq02rop020 | Pisón vibrante de guiado manual, de 80 kg, con placa de 30x30 cm, tipo rana. | 3,460 |
| 11 | mq05pdm010a | Compresor portátil eléctrico 2 $m^3$/min de caudal. | 1,865 |
| 12 | mq05mai030 | Martillo neumático. | 1,823 |
| 13 | mq08sol020 | Equipo y elementos auxiliares para soldadura eléctrica. | 1,801 |

**Proyecto: ESTRUCTURA METÁLICA PARA ALMACENAMIENTO DE MATERIALES CERÁMICOS E INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA.**

**Cuadro de Precios Unitarios. Materiales.**

| Num. | Código | Denominación del material | Precio € |
|---|---|---|---|
| 1 | mt35azi025a | Inversor central trifásico para conexión a red, potencia máxima de entrada 138 kW, voltaje de entrada máximo 1500 Vcc, potencia nominal de salida 92 kVA, eficiencia máxima 98.8%, rango de voltaje de entrada de 1300 a 591 Vcc, dimensiones 719x699x460 mm, con inversor compacto sinusoidal PWM, procesador de señales digitales DSP, pantalla gráfica LCD, puertos RS-232 y RS-485, dispositivo MaxControl para alarma automática, supervisión del inversor y evaluación de datos de rendimiento. Incluye sistema de monitorización y control para regulación del autoconsumo usando comunicación RS485 o bien Ethernet, procesador industrial, 4 salidas digitales y 4 canales de entrada, Armazón compacto con protección IP30, modelos de temperatura que cubren rangs de -40º hasta 75º. | 7.046,400 |
| 2 | mt35cgp020hi | Caja general de protección, equipada con bornes de conexión, bases unipolares previstas para colocar protecciones de intensidad máxima 800 A, esquema 7, para protección del cuadro general de baja tensión, formada por una envolvente aislante, precintable y autoventilada, según UNE-EN 60439-1, grado de inflamabilidad según se indica en UNE-EN 60439-3, con grados de protección IP43 según UNE 20324 e IK08 según UNE-EN 50102. | 511,600 |
| 3 | mt35sol045aDI | Módulo solar fotovoltaico de células de silicio policristalino, potencia máxima (Wp) 345 W, tensión a máxima potencia (Vmp) 37,7 V, intensidad a máxima potencia (Imp) 9,15 A, tensión en circuito abierto (Voc) 46,4 V, intensidad de cortocircuito (Isc) 9,62 A, eficiencia 17,50%, 72 células, vidrio exterior templado de 4 mm de espesor, capa adhesiva de etilvinilacetato (EVA), capa posterior de polifluoruro de vinilo, poliéster y polifluoruro de vinilo (TPT), marco de aluminio anodizado, temperatura de trabajo -40°C hasta 85°C, dimensiones 2024x1004x35 mm, resistencia a la carga del viento 245 kg/m², resistencia a la carga de la nieve 551 kg/m², peso 22.8 kg, con caja de conexiones con diodos, cables y conectores. | 180,000 |
| 4 | mt35cgp020ei | Caja general de conexiones, equipada con bornes de conexión, bases unipolares previstas para colocar fusibles de intensidad máxima 160 A, esquema 7, para protección de los inversores fotovoltaicos, formada por una envolvente aislante, precintable y autoventilada, según UNE-EN 60439-1, grado de inflamabilidad según se indica en UNE-EN 60439-3, con grados de protección IP43 según UNE 20324 e IK08 según UNE-EN 50102. | 118,470 |
| 5 | mt26cgp010 | Marco y puerta metálica con cerradura o candado, con grado de protección IK10 según UNE-EN 50102, protegidos de la corrosión y normalizados por la empresa suministradora, para caja general de protección. | 107,360 |
| 6 | mt09mif010ka | Mortero industrial para albañilería, de cemento, color gris, con aditivo hidrófugo, categoría M-10 (resistencia a compresión 10 N/mm²), suministrado en sacos, según UNE-EN 998-2. | 38,050 |
| 7 | mt10haf010nga | Hormigón HA-25/B/20/IIa, fabricado en central. | 36,466 |
| 8 | mt10hmf011xb | Hormigón no estructural HNE-15/B/20, fabricado en central. | 32,436 |
| 9 | mt10hmf011fb | Hormigón de limpieza HL-150/B/20, fabricado en central. | 31,303 |
| 10 | mt35cun010p1 | Cable unipolar RZ1-K (AS), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1 según UNE-EN 50575, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 240 mm² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1). Según UNE 21123-4. | 26,810 |
| 11 | mt47aag020ca | Mezcla bituminosa continua en caliente AC16 surf S, para capa de rodadura, de composición semidensa, con árido granítico de 16 mm de tamaño máximo y betún asfáltico de penetración, según UNE-EN 13108-1. | 25,915 |
| 12 | mt36tip010gb | Tubo de polipropileno, de 160 mm de diámetro y 4,3 mm de espesor, con extremo abocardado y junta elástica, según UNE-EN 1451-1, con el precio incrementado el 5% en concepto de accesorios y piezas especiales. | 17,960 |
| 13 | mt35tte010b | Electrodo para red de toma de tierra cobreado con 300 µm, fabricado en acero, de 15 mm de diámetro y 2 m de longitud. | 17,140 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 14 | mt35tta020 | Punto de separación pica-cable formado por cruceta en la cabeza del electrodo de la pica y pletina de 50x30x7 mm, para facilitar la soldadura aluminotérmica. | 14,720 |
| 15 | mt01ara010 | Arena de 0 a 5 mm de diámetro. | 11,760 |
| 16 | mt35cun010l1 | Cable unipolar RZ1-K (AS), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1 según UNE-EN 50575, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 95 mm² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1). Según UNE 21123-4. | 11,010 |
| 17 | mt36csg010c | Canalón circular de acero galvanizado, de desarrollo 333 mm, según UNE-EN 612. Incluso soportes, esquinas, tapas, remates finales, piezas de conexión a bajantes y piezas especiales. | 10,850 |
| 18 | mt35ait040ae | Canal protectora de PVC rígido, de 40x60 mm, para alojamiento de cables eléctricos, incluso accesorios. Según UNE-EN 50085-1, con grado de protección IP4X según UNE 20324. | 7,850 |
| 19 | mt35tts010d | Soldadura aluminotérmica del cable conductor a cara del pilar metálico, con doble cordón de soldadura de 50 mm de longitud realizado con electrodo de 2,5 mm de diámetro. | 6,660 |
| 20 | mt35ait040ab | Canal protectora de PVC rígido, de 30x40 mm, para alojamiento de cables eléctricos, incluso accesorios. Según UNE-EN 50085-1, con grado de protección IP4X según UNE 20324. | 5,940 |
| 21 | mt11var300 | Tubo de PVC liso, de varios diámetros. | 5,877 |
| 22 | mt35cgp040h | Tubo de PVC liso, serie B, de 160 mm de diámetro exterior y 3,2 mm de espesor, según UNE-EN 1329-1. | 5,440 |
| 23 | mt35cun010i1 | Cable unipolar RZ1-K (AS), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1 según UNE-EN 50575, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 35 mm² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1). Según UNE 21123-4. | 4,340 |
| 24 | mt13ccg010b | Chapa perfilada de acero galvanizado, espesor 0,8 mm. | 3,980 |
| 25 | mt35tts010b | Soldadura aluminotérmica del cable conductor a redondo. | 3,930 |
| 26 | mt35cgp040f | Tubo de PVC liso, serie B, de 110 mm de diámetro exterior y 3,2 mm de espesor, según UNE-EN 1329-1. | 3,730 |
| 27 | mt35ttc010b | Conductor de cobre desnudo, de 35 mm². | 2,680 |
| 28 | mt35aia070ff | Tubo rígido, suministrado en barra, de polietileno de doble pared (interior lisa y exterior corrugada), de color naranja, de 110 mm de diámetro nominal, para canalización enterrada, resistencia a la compresión 450 N, resistencia al impacto 28 julios, con grado de protección IP549 según UNE 20324. Según UNE-EN 61386-1, UNE-EN 61386-22 y UNE-EN 50086-2-4. Incluso abrazaderas, elementos de sujeción y accesorios (curvas, manguitos, tes, codos y curvas flexibles). | 2,620 |
| 29 | mt27pfi010 | Imprimación de secado rápido, formulada con resinas alquídicas modificadas y fosfato de zinc. | 2,418 |
| 30 | mt36tip400g | Material auxiliar para montaje y sujeción a la obra de las tuberías de polipropileno, de 160 mm de diámetro. | 2,180 |
| 31 | mt08aaa010a | Agua. | 1,500 |
| 32 | mt35www010 | Material auxiliar para instalaciones eléctricas. | 1,480 |
| 33 | mt35www020 | Material auxiliar para instalaciones de toma de tierra. | 1,090 |
| 34 | mt07ala010l | Acero laminado UNE-EN 10025 S275JR, en perfiles laminados en caliente, pórticos de naves, para aplicaciones estructurales. | 0,920 |
| 35 | mt08var050 | Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro. | 0,775 |
| 36 | mt07ala011d | Pletina de acero laminado UNE-EN 10025 S275JR, para aplicaciones estructurales. | 0,677 |
| 37 | mt35cun010c1 | Cable unipolar RZ1-K (AS), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1 según UNE-EN 50575, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 2,5 mm² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1). Según UNE 21123-4. | 0,530 |
| 38 | mt07aco010c | Ferralla elaborada en taller industrial con acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 500 S, de varios diámetros. | 0,405 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 39 | mt13ccg030d | Tornillo autorroscante de 6,5x70 mm de acero inoxidable, con arandela. | 0,249 |
| 40 | mt35www030 | Cinta de señalización de polietileno, de 150 mm de anchura, color amarillo, con la inscripción "¡ATENCIÓN! DEBAJO HAY CABLES ELÉCTRICOS" y triángulo de riesgo eléctrico. | 0,240 |
| 41 | mt07aco020a | Separador homologado para cimentaciones. | 0,070 |

***Cuadro de Precios Descompuestos***

| Nº | Código | Ud | Descripción | | Total |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | 1 Demoliciones | | |
| | | | 1.1 Firmes y pavimentos | | |
| | | | 1.1.1 Pavimentos exteriores | | |
| 1.1.1.1 | DMX030 | m² | Demolición de pavimento de aglomerado asfáltico en calzada, mediante retroexcavadora con martillo rompedor, y carga mecánica sobre camión o contenedor. | | |
| | mq01exn050c | 0,02 h | Retroexcavadora sobre neumáticos, de 85 kW, con martillo rompedor. | 32,525 | 0,65 |
| | mq01ret010 | 0,01 h | Miniretrocargadora sobre neumáticos de 15 kW. | 20,764 | 0,21 |
| | mq11eqc010 | 0,01 h | Cortadora de pavimento con arranque, desplazamiento y regulación del disco de corte manuales. | 18,180 | 0,18 |
| | mo113 | 0,04 h | Peón ordinario construcción. | 14,130 | 0,57 |
| | % | 2,00 % | Costes directos complementarios | 1,610 | 0,03 |
| | | 3,00 % | Costes indirectos | 1,640 | 0,05 |
| | | | Precio total por m² . | | 1,69 |
| 1.1.1.2 | DMX021 | m² | Demolición de solera o pavimento de hormigón en masa de hasta 15 cm de espesor, mediante retroexcavadora con martillo rompedor, y carga mecánica sobre camión o contenedor. | | |
| | mq01exn050c | 0,06 h | Retroexcavadora sobre neumáticos, de 85 kW, con martillo rompedor. | 32,525 | 1,95 |
| | mq01ret010 | 0,01 h | Miniretrocargadora sobre neumáticos de 15 kW. | 20,764 | 0,21 |
| | mo113 | 0,02 h | Peón ordinario construcción. | 14,130 | 0,28 |
| | % | 2,00 % | Costes directos complementarios | 2,440 | 0,05 |
| | | 3,00 % | Costes indirectos | 2,490 | 0,07 |
| | | | Precio total por m² . | | 2,56 |
| 1.1.1.3 | DMX080 | m² | Demolición de pavimento exterior de baldosas de terrazo, con medios con martillo neumático, y carga mecánica sobre camión o contenedor. | | |
| | mq05mai030 | 0,20 h | Martillo neumático. | 1,823 | 0,36 |
| | mq05pdm010a | 0,10 h | Compresor portátil eléctrico 2 m³/min de caudal. | 1,865 | 0,19 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| mq01ret010 | 0,01 h | Miniretrocargadora sobre neumáticos de 15 kW. | 20,764 | 0,21 |
| mo112 | 0,05 h | Peón especializado construcción. | 14,570 | 0,73 |
| mo113 | 0,04 h | Peón ordinario construcción. | 14,130 | 0,57 |
| % | 2,00 % | Costes directos complementarios | 2,060 | 0,04 |
| | 3,00 % | Costes indirectos | 2,100 | 0,06 |
| | | Precio total por m² . | | 2,16 |

3 Cimentaciones

3.1 Superficiales

3.1.1 Zapatas

3.1.1.1 CSZ010 m³ Zapata de cimentación de hormigón armado, realizada con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central, y vertido desde camión, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, con una cuantía aproximada de 50 kg/m³. Incluso armaduras de espera del pilar, alambre de atar, separadores y tubos para paso de instalaciones.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| mt07aco020a | 8,00 Ud | Separador homologado para cimentaciones. | 0,070 | 0,56 |
| mt07aco010c | 50,00 kg | Ferralla elaborada en taller industrial con acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 500 S, de varios diámetros. | 0,405 | 20,25 |
| mt08var050 | 0,20 kg | Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro. | 0,775 | 0,16 |
| mt10haf010nga | 1,10 m³ | Hormigón HA-25/B/20/IIa, fabricado en central. | 36,466 | 40,11 |
| mt11var300 | 0,02 m | Tubo de PVC liso, de varios diámetros. | 5,877 | 0,12 |
| mo043 | 0,05 h | Oficial 1ª ferrallista. | 16,980 | 0,85 |
| mo090 | 0,06 h | Ayudante ferrallista. | 15,660 | 0,94 |
| mo045 | 0,02 h | Oficial 1ª estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón. | 16,980 | 0,34 |
| mo092 | 0,16 h | Ayudante estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón. | 15,660 | 2,51 |
| % | 2,00 % | Costes directos complementarios | 65,840 | 1,32 |
| | 3,00 % | Costes indirectos | 67,160 | 2,01 |
| | | Precio total por m³ . | | 69,17 |

3.1.1.2 CAV010b m³ Viga de atado de hormigón armado, realizada con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central, y vertido desde camión, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, con una cuantía aproximada de 60 kg/m³. Incluso alambre de atar, separadores y tubos para paso de instalaciones.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| mt07aco020a | 10,00 Ud | Separador homologado para cimentaciones. | 0,070 | 0,70 |
| mt07aco010c | 60,00 kg | Ferralla elaborada en taller industrial con acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 500 S, de varios diámetros. | 0,405 | 24,30 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| mt08var050 | 0,48 kg | Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro. | 0,775 | 0,37 |
| mt10haf010nga | 1,05 m³ | Hormigón HA-25/B/20/IIa, fabricado en central. | 36,466 | 38,29 |
| mt11var300 | 0,02 m | Tubo de PVC liso, de varios diámetros. | 5,877 | 0,12 |
| mo043 | 0,10 h | Oficial 1ª ferrallista. | 16,980 | 1,70 |
| mo090 | 0,11 h | Ayudante ferrallista. | 15,660 | 1,72 |
| mo045 | 0,04 h | Oficial 1ª estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón. | 16,980 | 0,68 |
| mo092 | 0,16 h | Ayudante estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón. | 15,660 | 2,51 |
| % | 2,00 % | Costes directos complementarios | 70,390 | 1,41 |
| | 3,00 % | Costes indirectos | 71,800 | 2,15 |
| | | Precio total por m³ . | | 73,95 |

3.1.1.3 CHH005 m³ Hormigón HL-150/B/20, fabricado en central y vertido desde camión, para formación de capa de hormigón de limpieza y nivelado de fondos de cimentación, en el fondo de la excavación previamente realizada.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| mt10hmf011fb | 1,05 m³ | Hormigón de limpieza HL-150/B/20, fabricado en central. | 31,303 | 32,87 |
| mo045 | 0,03 h | Oficial 1ª estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón. | 16,980 | 0,51 |
| mo092 | 0,07 h | Ayudante estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón. | 15,660 | 1,10 |
| % | 2,00 % | Costes directos complementarios | 34,480 | 0,69 |
| | 3,00 % | Costes indirectos | 35,170 | 1,06 |
| | | Precio total por m³ . | | 36,23 |

4 Estructuras

4.1 Acero

4.1.1 Montajes industrializados

4.1.1.1 EAM010b m² Estructura metálica realizada con pórticos de acero laminado S275JR, con una cuantía de acero de 27,3 kg/m², distancia entre apoyos de 23 m, separación de 5 m entre pórticos. Incluso Acero S235JRC en correas metálicas, con piezas simples de perfiles conformados en frío de las series omega, L, U, C o Z, acabado galvanizado y colocado en obra con tornillos.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| mt07ala010l | 27,30 kg | Acero laminado UNE-EN 10025 S275JR, en perfiles laminados en caliente, pórticos de naves, para aplicaciones estructurales. | 0,920 | 25,12 |
| mt27pfi010 | 0,26 l | Imprimación de secado rápido, formulada con resinas alquídicas modificadas y fosfato de zinc. | 2,418 | 0,63 |
| mq08sol010 | 0,01 h | Equipo de oxicorte, con acetileno como combustible y oxígeno como comburente. | 3,675 | 0,04 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| mq08sol020 | 0,02 h | Equipo y elementos auxiliares para soldadura eléctrica. | 1,801 | 0,04 |
| mq07ple010bg | 0,01 Ud | Alquiler diario de cesta elevadora de brazo articulado, motor diesel, de 16 m de altura máxima de trabajo, incluso mantenimiento y seguro de responsabilidad civil. | 60,653 | 0,61 |
| mq07gte010a | 0,01 h | Grúa autopropulsada de brazo telescópico con una capacidad de elevación de 12 t y 20 m de altura máxima de trabajo. | 24,934 | 0,25 |
| mo047 | 0,20 h | Oficial 1ª montador de estructura metálica. | 16,980 | 3,40 |
| mo094 | 0,20 h | Ayudante montador de estructura metálica. | 15,660 | 3,13 |
| % | 2,00 % | Costes directos complementarios | 33,220 | 0,66 |
| | 3,00 % | Costes indirectos | 33,880 | 1,02 |
| | | Precio total por m² . | | 34,90 |

4.1.2 Pilares

4.1.2.1 EAS005 Ud Placa de anclaje de acero S275JR en perfil plano, con rigidizadores, de 400x600 mm y espesor 20 mm, con 6 pernos soldados, de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 S de 20 mm de diámetro y 100 cm de longitud total.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| mt07ala011d | 52,77 kg | Pletina de acero laminado UNE-EN 10025 S275JR, para aplicaciones estructurales. | 0,677 | 35,73 |
| mt07aco010c | 14,79 kg | Ferralla elaborada en taller industrial con acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 500 S, de varios diámetros. | 0,405 | 5,99 |
| mq08sol020 | 0,02 h | Equipo y elementos auxiliares para soldadura eléctrica. | 1,801 | 0,04 |
| mo047 | 0,79 h | Oficial 1ª montador de estructura metálica. | 16,980 | 13,41 |
| mo094 | 0,79 h | Ayudante montador de estructura metálica. | 15,660 | 12,37 |
| % | 2,00 % | Costes directos complementarios | 67,540 | 1,35 |
| | 3,00 % | Costes indirectos | 68,890 | 2,07 |
| | | Precio total por Ud . | | 70,96 |

4.1.2.2 EAS005b Ud Placa de anclaje de acero S275JR en perfil plano, con rigidizadores, de 350x500 mm y espesor 20 mm, con 6 pernos soldados, de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 S de 20 mm de diámetro y 100 cm de longitud total.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| mt07ala011d | 33,82 kg | Pletina de acero laminado UNE-EN 10025 S275JR, para aplicaciones estructurales. | 0,677 | 22,90 |
| mt07aco010c | 14,79 kg | Ferralla elaborada en taller industrial con acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 500 S, de varios diámetros. | 0,405 | 5,99 |
| mq08sol020 | 0,02 h | Equipo y elementos auxiliares para soldadura eléctrica. | 1,801 | 0,04 |
| mo047 | 0,73 h | Oficial 1ª montador de estructura metálica. | 16,980 | 12,40 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | mo094 | 0,75 h | Ayudante montador de estructura metálica. | 15,660 | 11,75 |
| | % | 2,00 % | Costes directos complementarios | 53,080 | 1,06 |
| | | 3,00 % | Costes indirectos | 54,140 | 1,62 |
| | | | Precio total por Ud . | | 55,76 |

5 Instalaciones

5.1 Eléctricas

5.1.1 Puesta a tierra

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 5.1.1.1 IEP010 | Ud | Red de toma de tierra para estructura metálica de la nave con 90 m de conductor de cobre desnudo de 35 mm² y 2 picas. | | | |
| | mt35ttc010b | 90,00 m | Conductor de cobre desnudo, de 35 mm². | 2,680 | 241,20 |
| | mt35tte010b | 2,00 Ud | Electrodo para red de toma de tierra cobreado con 300 µm, fabricado en acero, de 15 mm de diámetro y 2 m de longitud. | 17,140 | 34,28 |
| | mt35tts010d | 4,00 Ud | Soldadura aluminotérmica del cable conductor a cara del pilar metálico, con doble cordón de soldadura de 50 mm de longitud realizado con electrodo de 2,5 mm de diámetro. | 6,660 | 26,64 |
| | mt35tts010b | 2,00 Ud | Soldadura aluminotérmica del cable conductor a redondo. | 3,930 | 7,86 |
| | mt35tta020 | 2,00 Ud | Punto de separación pica-cable formado por cruceta en la cabeza del electrodo de la pica y pletina de 50x30x7 mm, para facilitar la soldadura aluminotérmica. | 14,720 | 29,44 |
| | mt35www020 | 1,00 Ud | Material auxiliar para instalaciones de toma de tierra. | 1,090 | 1,09 |
| | mo003 | 3,45 h | Oficial 1ª electricista. | 16,710 | 57,65 |
| | mo102 | 3,45 h | Ayudante electricista. | 14,890 | 51,37 |
| | % | 2,00 % | Costes directos complementarios | 449,530 | 8,99 |
| | | 3,00 % | Costes indirectos | 458,520 | 13,76 |
| | | | Precio total por Ud . | | 472,28 |

5.1.2 Canalizaciones

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 5.1.2.1 IEO010c | m | Suministro e instalación fija en superficie de canalización de canal protectora de PVC rígido, de 30x40 mm. Incluso accesorios. | | | |
| | mt35ait040ab | 1,00 m | Canal protectora de PVC rígido, de 30x40 mm, para alojamiento de cables eléctricos, incluso accesorios. Según UNE-EN 50085-1, con grado de protección IP4X según UNE 20324. | 5,940 | 5,94 |
| | mo003 | 0,06 h | Oficial 1ª electricista. | 16,710 | 1,00 |
| | mo102 | 0,06 h | Ayudante electricista. | 14,890 | 0,89 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | % | 2,00 % | Costes directos complementarios | 7,830 | 0,16 |
| | | 3,00 % | Costes indirectos | 7,990 | 0,24 |
| | | | Precio total por m . | | 8,23 |

5.1.2.2 IEO010 m Suministro e instalación fija en superficie de canalización de canal protectora de PVC rígido, de 40x60 mm. Incluso accesorios.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| mt35ait040ae | 1,00 m | Canal protectora de PVC rígido, de 40x60 mm, para alojamiento de cables eléctricos, incluso accesorios. Según UNE-EN 50085-1, con grado de protección IP4X según UNE 20324. | 7,850 | 7,85 |
| mo003 | 0,06 h | Oficial 1ª electricista. | 16,710 | 1,00 |
| mo102 | 0,06 h | Ayudante electricista. | 14,890 | 0,89 |
| % | 2,00 % | Costes directos complementarios | 9,740 | 0,19 |
| | 3,00 % | Costes indirectos | 9,930 | 0,30 |
| | | Precio total por m . | | 10,23 |

5.1.2.3 IEO010b m Suministro e instalación enterrada de canalización de tubo rígido, suministrado en barra, de polietileno de doble pared (interior lisa y exterior corrugada), de color naranja, de 110 mm de diámetro nominal, resistencia a la compresión 450 N, colocado sobre lecho de arena de 5 cm de espesor, debidamente compactada y nivelada con pisón vibrante de guiado manual, relleno lateral compactando hasta los riñones y posterior relleno con la misma arena hasta 10 cm por encima de la generatriz superior de la tubería. Incluso abrazaderas, elementos de sujeción y accesorios (curvas, manguitos, tes, codos y curvas flexibles), y cinta de señalización.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| mt01ara010 | 0,07 m³ | Arena de 0 a 5 mm de diámetro. | 11,760 | 0,82 |
| mt35aia070ff | 1,00 m | Tubo rígido, suministrado en barra, de polietileno de doble pared (interior lisa y exterior corrugada), de color naranja, de 110 mm de diámetro nominal, para canalización enterrada, resistencia a la compresión 450 N, resistencia al impacto 28 julios, con grado de protección IP549 según UNE 20324. Según UNE-EN 61386-1, UNE-EN 61386-22 y UNE-EN 50086-2-4. Incluso abrazaderas, elementos de sujeción y accesorios (curvas, manguitos, tes, codos y curvas flexibles). | 2,620 | 2,62 |
| mt35www030 | 1,00 m | Cinta de señalización de polietileno, de 150 mm de anchura, color amarillo, con la inscripción "¡ATENCIÓN! DEBAJO HAY CABLES ELÉCTRICOS" y triángulo de riesgo eléctrico. | 0,240 | 0,24 |
| mq04dua020b | 0,01 h | Dumper de descarga frontal de 2 t de carga útil. | 9,270 | 0,09 |
| mq02rop020 | 0,05 h | Pisón vibrante de guiado manual, de 80 kg, con placa de 30x30 cm, tipo rana. | 3,460 | 0,17 |
| mo020 | 0,05 h | Oficial 1ª construcción. | 16,170 | 0,81 |
| mo113 | 0,05 h | Peón ordinario construcción. | 14,130 | 0,71 |
| mo003 | 0,03 h | Oficial 1ª electricista. | 16,710 | 0,50 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | mo102 | 0,02 h | Ayudante electricista. | 14,890 | 0,30 |
| | % | 2,00 % | Costes directos complementarios | 6,260 | 0,13 |
| | | 3,00 % | Costes indirectos | 6,390 | 0,19 |
| | | | Precio total por m . | | 6,58 |
| | | 5.1.3 Cables | | | |
| 5.1.3.1 IEH010 | m | Cable unipolar RZ1-K (AS), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 2,5 mm² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1). | | | |
| | mt35cun010c1 | 1,00 m | Cable unipolar RZ1-K (AS), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1 según UNE-EN 50575, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 2,5 mm² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1). Según UNE 21123-4. | 0,530 | 0,53 |
| | mo003 | 0,02 h | Oficial 1ª electricista. | 16,710 | 0,33 |
| | mo102 | 0,02 h | Ayudante electricista. | 14,890 | 0,30 |
| | % | 2,00 % | Costes directos complementarios | 1,160 | 0,02 |
| | | 3,00 % | Costes indirectos | 1,180 | 0,04 |
| | | | Precio total por m . | | 1,22 |
| 5.1.3.2 IEH010b | m | Cable unipolar RZ1-K (AS), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 35 mm² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1). | | | |
| | mt35cun010i1 | 1,00 m | Cable unipolar RZ1-K (AS), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1 según UNE-EN 50575, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 35 mm² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1). Según UNE 21123-4. | 4,340 | 4,34 |
| | mo003 | 0,06 h | Oficial 1ª electricista. | 16,710 | 1,00 |
| | mo102 | 0,06 h | Ayudante electricista. | 14,890 | 0,89 |
| | % | 2,00 % | Costes directos complementarios | 6,230 | 0,12 |
| | | 3,00 % | Costes indirectos | 6,350 | 0,19 |
| | | | Precio total por m . | | 6,54 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 5.1.3.3 IEH010d | m | Cable unipolar RZ1-K (AS), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 95 mm² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1). | | | |
| mt35cun010l1 | 1,00 m | Cable unipolar RZ1-K (AS), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1 según UNE-EN 50575, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 95 mm² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1). Según UNE 21123-4. | 11,010 | 11,01 |
| mo003 | 0,09 h | Oficial 1ª electricista. | 16,710 | 1,50 |
| mo102 | 0,09 h | Ayudante electricista. | 14,890 | 1,34 |
| % | 2,00 % | Costes directos complementarios | 13,850 | 0,28 |
| | 3,00 % | Costes indirectos | 14,130 | 0,42 |
| | | Precio total por m . | | 14,55 |
| 5.1.3.4 IEH010e | m | Cable unipolar RZ1-K (AS), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 240 mm² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1). | | | |
| mt35cun010p1 | 1,00 m | Cable unipolar RZ1-K (AS), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1 según UNE-EN 50575, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 240 mm² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1). Según UNE 21123-4. | 26,810 | 26,81 |
| mo003 | 0,15 h | Oficial 1ª electricista. | 16,710 | 2,51 |
| mo102 | 0,15 h | Ayudante electricista. | 14,890 | 2,23 |
| % | 2,00 % | Costes directos complementarios | 31,550 | 0,63 |
| | 3,00 % | Costes indirectos | 32,180 | 0,97 |
| | | Precio total por m . | | 33,15 |
| | | 5.1.4 Cajas generales de protección | | |
| 5.1.4.1 IEC020 | Ud | Caja general de protección, equipada con bornes de conexión, bases unipolares previstas para colocar protecciones de intensidad máxima 800 A, esquema 7. | | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| mt35cgp020hi | 1,00 Ud | Caja general de protección, equipada con bornes de conexión, bases unipolares previstas para colocar protecciones de intensidad máxima 800 A, esquema 7, para protección del cuadro general de baja tensión, formada por una envolvente aislante, precintable y autoventilada, según UNE-EN 60439-1, grado de inflamabilidad según se indica en UNE-EN 60439-3, con grados de protección IP43 según UNE 20324 e IK08 según UNE-EN 50102. | 511,600 | 511,60 |
| mt35cgp040h | 3,00 m | Tubo de PVC liso, serie B, de 160 mm de diámetro exterior y 3,2 mm de espesor, según UNE-EN 1329-1. | 5,440 | 16,32 |
| mt35cgp040f | 3,00 m | Tubo de PVC liso, serie B, de 110 mm de diámetro exterior y 3,2 mm de espesor, según UNE-EN 1329-1. | 3,730 | 11,19 |
| mt26cgp010 | 1,00 Ud | Marco y puerta metálica con cerradura o candado, con grado de protección IK10 según UNE-EN 50102, protegidos de la corrosión y normalizados por la empresa suministradora, para caja general de protección. | 107,360 | 107,36 |
| mt35www010 | 1,00 Ud | Material auxiliar para instalaciones eléctricas. | 1,480 | 1,48 |
| mo020 | 0,29 h | Oficial 1ª construcción. | 16,170 | 4,69 |
| mo113 | 0,29 h | Peón ordinario construcción. | 14,130 | 4,10 |
| mo003 | 0,49 h | Oficial 1ª electricista. | 16,710 | 8,19 |
| mo102 | 0,49 h | Ayudante electricista. | 14,890 | 7,30 |
| % | 2,00 % | Costes directos complementarios | 672,230 | 13,44 |
| | 3,00 % | Costes indirectos | 685,670 | 20,57 |
| | | Precio total por Ud . | | 706,24 |

5.1.4.2 IEC020b Ud Caja general de conexiones, equipada con bornes de conexión, bases unipolares previstas para colocar fusibles de intensidad máxima 160 A, esquema 7.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| mt35cgp020ei | 1,00 Ud | Caja general de conexiones, equipada con bornes de conexión, bases unipolares previstas para colocar fusibles de intensidad máxima 160 A, esquema 7, para protección de los inversores fotovoltaicos, formada por una envolvente aislante, precintable y autoventilada, según UNE-EN 60439-1, grado de inflamabilidad según se indica en UNE-EN 60439-3, con grados de protección IP43 según UNE 20324 e IK08 según UNE-EN 50102. | 118,470 | 118,47 |
| mt35cgp040h | 3,00 m | Tubo de PVC liso, serie B, de 160 mm de diámetro exterior y 3,2 mm de espesor, según UNE-EN 1329-1. | 5,440 | 16,32 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| mt35cgp040f | 3,00 m | Tubo de PVC liso, serie B, de 110 mm de diámetro exterior y 3,2 mm de espesor, según UNE-EN 1329-1. | 3,730 | 11,19 |
| mt26cgp010 | 1,00 Ud | Marco y puerta metálica con cerradura o candado, con grado de protección IK10 según UNE-EN 50102, protegidos de la corrosión y normalizados por la empresa suministradora, para caja general de protección. | 107,360 | 107,36 |
| mt35www010 | 1,00 Ud | Material auxiliar para instalaciones eléctricas. | 1,480 | 1,48 |
| mo020 | 0,29 h | Oficial 1ª construcción. | 16,170 | 4,69 |
| mo113 | 0,29 h | Peón ordinario construcción. | 14,130 | 4,10 |
| mo003 | 0,49 h | Oficial 1ª electricista. | 16,710 | 8,19 |
| mo102 | 0,49 h | Ayudante electricista. | 14,890 | 7,30 |
| % | 2,00 % | Costes directos complementarios | 279,100 | 5,58 |
| | 3,00 % | Costes indirectos | 284,680 | 8,54 |
| | | Precio total por Ud . | | 293,22 |

5.1.5 Solar fotovoltaica

5.1.5.1 IEF001e Ud Módulo solar fotovoltaico de células de silicio policristalino, potencia máxima (Wp) 345 W, tensión a máxima potencia (Vmp) 37,7 V, intensidad a máxima potencia (Imp) 9,15 A, tensión en circuito abierto (Voc) 46,4 V, intensidad de cortocircuito (Isc) 9,62 A, eficiencia 17,50%.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| mt35sol045aDI | 1,00 Ud | Módulo solar fotovoltaico de células de silicio policristalino, potencia máxima (Wp) 345 W, tensión a máxima potencia (Vmp) 37,7 V, intensidad a máxima potencia (Imp) 9,15 A, tensión en circuito abierto (Voc) 46,4 V, intensidad de cortocircuito (Isc) 9,62 A, eficiencia 17,50%, 72 células, vidrio exterior templado de 4 mm de espesor, capa adhesiva de etilvinilacetato (EVA), capa posterior de polifluoruro de vinilo, poliéster y polifluoruro de vinilo (TPT), marco de aluminio anodizado, temperatura de trabajo -40°C hasta 85°C, dimensiones 2024x1004x35 mm, resistencia a la carga del viento 245 kg/m², resistencia a la carga de la nieve 551 kg/m², peso 22.8 kg, con caja de conexiones con diodos, cables y conectores. | 180,000 | 180,00 |
| mo009 | 0,35 h | Oficial 1ª instalador de captadores solares. | 16,710 | 5,85 |
| mo108 | 0,35 h | Ayudante instalador de captadores solares. | 14,890 | 5,21 |
| % | 2,00 % | Costes directos complementarios | 191,060 | 3,82 |
| | 3,00 % | Costes indirectos | 194,880 | 5,85 |
| | | Precio total por Ud . | | 200,73 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 5.1.5.2 IEF020 | Ud | Inversor central trifásico para conexión a red, potencia máxima de entrada 138 kWp, voltaje de entrada máximo 1500 Vcc, potencia nominal de salida 92 kVA,eficiencia máxima 98.80%. Incluye sitema de monitorización y control de potencia. | | | |
| mt35azi025a | 1,00 Ud | Inversor central trifásico para conexión a red, potencia máxima de entrada 138 kW, voltaje de entrada máximo 1500 Vcc, potencia nominal de salida 92 kVA, eficiencia máxima 98.8%, rango de voltaje de entrada de 1300 a 591 Vcc, dimensiones 719x699x460 mm, con inversor compacto sinusoidal PWM, procesador de señales digitales DSP, pantalla gráfica LCD, puertos RS-232 y RS-485, dispositivo MaxControl para alarma automática, supervisión del inversor y evaluación de datos de rendimiento. Incluye sistema de monitorización y control para regulación del autoconsumo usando comunicación RS485 o bien Ethernet, procesador industrial, 4 salidas digitales y 4 canales de entrada, Armazón compacto con protección IP30, modelos de temperatura que cubren rangs de -40º hasta 75º. | 7.046,400 | 7.046,40 |
| mo003 | 0,59 h | Oficial 1ª electricista. | 16,710 | 9,86 |
| mo102 | 0,59 h | Ayudante electricista. | 14,890 | 8,79 |
| % | 2,00 % | Costes directos complementarios | 7.065,050 | 141,30 |
| | 3,00 % | Costes indirectos | 7.206,350 | 216,19 |
| | | Precio total por Ud . | | 7.422,54 |
| 5.1.5.3 HEC010b | Ud | Colocación y fijación de estructura para 11 placas solares de hasta 72 células en cubierta metálica de aluminio de aluminio EN AW 605.T6 o de acero galvanizado, recibido al paramento con patillas de anclaje y tornillos de acero inoxidable y banda de neopreno para evitar filtraciones de agua entre el aluminio y la chapa de cubierta. | | | |
| mt08aaa010a | 0,01 m³ | Agua. | 1,500 | 0,02 |
| mt09mif010ka | 0,02 t | Mortero industrial para albañilería, de cemento, color gris, con aditivo hidrófugo, categoría M-10 (resistencia a compresión 10 N/mm²), suministrado en sacos, según UNE-EN 998-2. | 38,050 | 0,76 |
| mo020 | 0,27 h | Oficial 1ª construcción. | 16,170 | 4,37 |
| mo113 | 0,32 h | Peón ordinario construcción. | 14,130 | 4,52 |
| % | 2,00 % | Costes directos complementarios | 9,670 | 0,19 |
| | 3,00 % | Costes indirectos | 9,860 | 0,30 |
| | | Precio total por Ud . | | 10,16 |

5.2 Evacuación de aguas

5.2.1 Bajantes

| | | |
|---|---|---|
| 5.2.1.1 ISB010c | m | Bajante interior de la red de evacuación de aguas pluviales, formada por tubo de polipropileno, de 160 mm de diámetro, unión con junta elástica. |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| mt36tip400g | 1,00 Ud | Material auxiliar para montaje y sujeción a la obra de las tuberías de polipropileno, de 160 mm de diámetro. | 2,180 | 2,18 |
| mt36tip010gb | 1,00 m | Tubo de polipropileno, de 160 mm de diámetro y 4,3 mm de espesor, con extremo abocardado y junta elástica, según UNE-EN 1451-1, con el precio incrementado el 5% en concepto de accesorios y piezas especiales. | 17,960 | 17,96 |
| mo008 | 0,13 h | Oficial 1ª fontanero. | 16,710 | 2,17 |
| mo107 | 0,07 h | Ayudante fontanero. | 14,890 | 1,04 |
| % | 2,00 % | Costes directos complementarios | 23,350 | 0,47 |
| | 3,00 % | Costes indirectos | 23,820 | 0,71 |
| | | Precio total por m . | | 24,53 |

5.2.2 Canalones

5.2.2.1 ISC010b m Canalón circular de acero galvanizado, de desarrollo 333 mm.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| mt36csg010c | 1,10 m | Canalón circular de acero galvanizado, de desarrollo 333 mm, según UNE-EN 612. Incluso soportes, esquinas, tapas, remates finales, piezas de conexión a bajantes y piezas especiales. | 10,850 | 11,94 |
| mo008 | 0,31 h | Oficial 1ª fontanero. | 16,710 | 5,18 |
| mo107 | 0,31 h | Ayudante fontanero. | 14,890 | 4,62 |
| % | 2,00 % | Costes directos complementarios | 21,740 | 0,43 |
| | 3,00 % | Costes indirectos | 22,170 | 0,67 |
| | | Precio total por m . | | 22,84 |

6 Cubiertas

6.1 Inclinadas

6.1.1 Chapas perfiladas de acero

6.1.1.1 QTA010b m² Cubierta inclinada de chapa perfilada de acero galvanizado, de 0,8 mm de espesor, con una pendiente mayor del 10%.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| mt13ccg010b | 1,10 m² | Chapa perfilada de acero galvanizado, espesor 0,8 mm. | 3,980 | 4,38 |
| mt13ccg030d | 3,00 Ud | Tornillo autorroscante de 6,5x70 mm de acero inoxidable, con arandela. | 0,249 | 0,75 |
| mo051 | 0,07 h | Oficial 1ª montador de cerramientos industriales. | 16,710 | 1,17 |
| mo098 | 0,07 h | Ayudante montador de cerramientos industriales. | 14,910 | 1,04 |
| % | 2,00 % | Costes directos complementarios | 7,340 | 0,15 |
| | 3,00 % | Costes indirectos | 7,490 | 0,22 |
| | | Precio total por m² . | | 7,71 |

7 Urbanización interior de la parcela

7.1 Contenciones

7.1.1 Sistemas de muros de contención

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 7.1.1.1 UXF010 | m² | Capa de 5 cm de espesor de mezcla bituminosa continua en caliente AC16 surf S, para capa de rodadura, de composición semidensa, con árido granítico de 16 mm de tamaño máximo y betún asfáltico de penetración. | | | |
| mt47aag020ca | 0,12 t | Mezcla bituminosa continua en caliente AC16 surf S, para capa de rodadura, de composición semidensa, con árido granítico de 16 mm de tamaño máximo y betún asfáltico de penetración, según UNE-EN 13108-1. | 25,915 | 3,11 |
| mo087 | 0,01 h | Ayudante construcción de obra civil. | 16,430 | 0,16 |
| % | 2,00 % | Costes directos complementarios | 3,270 | 0,07 |
| | 3,00 % | Costes indirectos | 3,340 | 0,10 |
| | | Precio total por m² . | | 3,44 |

## 2. Mediciones y presupuesto

**Presupuesto parcial nº 1 Demoliciones**

| Nº | Ud | Descripción | Medición | Precio | Importe |
|---|---|---|---|---|---|
| ***1.1.- Firmes y pavimentos*** | | | | | |
| ***1.1.1.- Pavimentos exteriores*** | | | | | |
| **1.1.1.1** | **M²** | **Demolición de pavimento de aglomerado asfáltico en calzada, mediante retroexcavadora con martillo rompedor, y carga mecánica sobre camión o contenedor.** | | | |

| | Uds. | Largo | Ancho | Alto | Parcial | Subtotal |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Tramo 4 conexión CP al CGBT | | | | | | |
| en vial | 1 | 21,00 | 0,40 | | 8,40 | |
| | | | | | 8,40 | 8,40 |
| | | | **Total m² .....:** | **8,40** | **1,69** | **14,20** |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **1.1.1.2** | **M²** | **Demolición de solera o pavimento de hormigón en masa de hasta 15 cm de espesor, mediante retroexcavadora con martillo rompedor, y carga mecánica sobre camión o contenedor.** | | | |

| | Uds. | Largo | Ancho | Alto | Parcial | Subtotal |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Tramo 4 conexión CP al CGBT | | | | | | |
| en vial | 1 | 25,00 | 0,40 | | 10,00 | |
| | | | | | 10,00 | 10,00 |
| | | | **Total m² .....:** | **10,00** | **2,56** | **25,60** |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **1.1.1.3** | **M²** | **Demolición de pavimento exterior de baldosas de terrazo, con medios con martillo neumático, y carga mecánica sobre camión o contenedor.** | | | |

| | Uds. | Largo | Ancho | Alto | Parcial | Subtotal |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Tramo 4 conexión CP al CGBT | | | | | | |
| en vial | 2 | 2,00 | 0,40 | | 1,60 | |
| | | | | | 1,60 | 1,60 |
| | | | **Total m² .....:** | **1,60** | **2,16** | **3,46** |

| | |
|---|---|
| ***Total subcapítulo 1.1.1.- Pavimentos exteriores:*** | ***43,26*** |
| ***Total subcapítulo 1.1.- Firmes y pavimentos:*** | ***43,26*** |
| **Total presupuesto parcial nº 1 Demoliciones :** | **43,26** |

**Presupuesto parcial nº 2 Acondicionamiento del terreno**

| Nº | Ud | Descripción | Medición | Precio | Importe |
|---|---|---|---|---|---|
| ***2.1.- Movimiento de tierras en edificación*** | | | | | |
| ***2.1.1.- Excavaciones*** | | | | | |
| **2.1.1.1** | **M³** | **Excavación de zanjas para cimentaciones hasta una profundidad de 2 m, en suelo de arcilla dura con grava compacta, con medios mecánicos, y carga a camión.** | | | |

| | Uds. | Largo | Ancho | Alto | Parcial | Subtotal |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Vigas de atado | | | | | | |
| C1 Fachada | 4 | 20,40 | 0,40 | 0,50 | 16,32 | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| C1 Laterales izquierdo y derecho | 4 | 2,55 | 0,40 | 0,50 | 2,04 | |
| | 26 | 2,70 | 0,40 | 0,50 | 14,04 | |
| C1 Lateral central | 2 | 2,35 | 0,40 | 0,50 | 0,94 | |
| | 13 | 2,30 | 0,40 | 0,50 | 5,98 | |
| | | | | | 39,32 | 39,32 |
| | | | **Total m³ .....:** | **39,32** | **16,16** | **635,41** |

**2.1.1.2 M³ Excavación de pozos para cimentaciones hasta una profundidad de 2 m, en suelo de arcilla dura con grava compacta, con medios mecánicos, y carga a camión.**

| | Uds. | Largo | Ancho | Alto | Parcial | Subtotal |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 6 | 2,60 | 2,60 | 0,95 | 38,53 | |
| | 28 | 2,30 | 4,10 | 1,00 | 264,04 | |
| | 14 | 2,70 | 3,70 | 0,95 | 132,87 | |
| | | | | | 435,44 | 435,44 |
| | | | **Total m³ .....:** | **435,44** | **17,08** | **7.437,32** |

**2.1.1.3 M³ Excavación de zanjas para instalaciones hasta una profundidad de 2 m, en suelo de arcilla dura con grava compacta, con medios mecánicos, y carga a camión.**

| | Uds. | Largo | Ancho | Alto | Parcial | Subtotal |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Tramo 4 conexión CP al CGBT | | | | | | |
| en interior de parcela | 1 | 15,00 | 0,40 | 1,20 | 7,20 | |
| | 1 | 1,00 | 0,40 | 1,20 | 0,48 | |
| en vial | 1 | 25,00 | 0,40 | 1,20 | 12,00 | |
| | | | | | 19,68 | 19,68 |
| | | | **Total m³ .....:** | **19,68** | **22,82** | **449,10** |

***Total subcapítulo 2.1.1.- Excavaciones: 8.521,83***

***2.1.2.- Rellenos y compactaciones***

**2.1.2.1 M³ Relleno principal de zanjas para instalaciones, con hormigón no estructural HNE-15/B/20, fabricado en central y vertido desde camión.**

| | Uds. | Largo | Ancho | Alto | Parcial | Subtotal |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Tramo 4 conexión CP al CGBT | | | | | | |
| en interior de parcela | 1 | 15,00 | 0,40 | 0,20 | 1,20 | |
| | 1 | 1,00 | 0,40 | 0,20 | 0,08 | |
| en vial | 1 | 25,00 | 0,40 | 0,20 | 2,00 | |
| | | | | | 3,28 | 3,28 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Total m³ .....:** | **3,28** | **36,14** | **118,54** |
| ***Total subcapítulo 2.1.2.- Rellenos y compactaciones:*** | | | ***118,54*** |

***2.1.3.- Transportes***

**2.1.3.1 M³ Transporte de tierras con camión de 12 t de los productos procedentes de la excavación de cualquier tipo de terreno dentro de la obra.**

| | Uds. | Largo | Ancho | Alto | Parcial | Subtotal |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1,2 | 39,32 | | | 47,18 | |
| | 1,2 | 435,44 | | | 522,53 | |
| | 1,2 | 19,68 | | | 23,62 | |
| | | | | | 593,33 | 593,33 |
| **Total m³ .....:** | | | | **593,33** | **0,44** | **261,07** |
| ***Total subcapítulo 2.1.3.- Transportes:*** | | | | | | ***261,07*** |
| ***Total subcapítulo 2.1.- Movimiento de tierras en edificación:*** | | | | | | ***8.901,44*** |
| **Total presupuesto parcial nº 2 Acondicionamiento del terreno :** | | | | | | **8.901,44** |

**Presupuesto parcial nº 3 Cimentaciones**

| **Nº** | **Ud** | **Descripción** | **Medición** | **Precio** | **Importe** |
|---|---|---|---|---|---|
| ***3.1.- Superficiales*** | | | | | |
| ***3.1.1.- Zapatas*** | | | | | |

**3.1.1.1 M³ Zapata de cimentación de hormigón armado, realizada con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central, y vertido desde camión, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, con una cuantía aproximada de 50 kg/m³. Incluso armaduras de espera del pilar, alambre de atar, separadores y tubos para paso de instalaciones.**

| | Uds. | Largo | Ancho | Alto | Parcial | | Subtotal |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Zapatas | 6 | 2,60 | 2,60 | 0,85 | 34,48 | | |
| | 28 | 2,30 | 4,10 | 0,90 | 237,64 | | |
| | 14 | 2,70 | 3,70 | 0,85 | 118,88 | | |
| | | | | | 391,00 | | 391,00 |
| **Total m³ .....:** | | | | **391,00** | | **69,17** | **27.045,47** |

**3.1.1.2 M³ Viga de atado de hormigón armado, realizada con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central, y vertido desde camión, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, con una cuantía aproximada de 60 kg/m³. Incluso alambre de atar, separadores y tubos para paso de instalaciones.**

| | Uds. | Largo | Ancho | Alto | Parcial | | Subtotal |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Vigas de atado | | | | | | | |
| C1 Fachada | 4 | 20,40 | 0,40 | 0,40 | 13,06 | | |
| C1 Laterales izquierdo y derecho | 4 | 2,55 | 0,40 | 0,40 | 1,63 | | |
| | 26 | 2,70 | 0,40 | 0,40 | 11,23 | | |
| C1 Lateral central | 2 | 2,35 | 0,40 | 0,40 | 0,75 | | |
| | 13 | 2,30 | 0,40 | 0,40 | 4,78 | | |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 31,45 | | 31,45 |
| | | | | **Total m³ .....:** | **31,45** | **73,95** | **2.325,73** |

**3.1.1.3 M³ Hormigón HL-150/B/20, fabricado en central y vertido desde camión, para formación de capa de hormigón de limpieza y nivelado de fondos de cimentación, en el fondo de la excavación previamente realizada.**

| | Uds. | Largo | Ancho | Alto | Parcial | | Subtotal |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Vigas de atado | | | | | | | |
| C1 Fachada | 4 | 20,40 | 0,40 | | 32,64 | | |
| C1 Laterales izquierdo y derecho | 4 | 2,55 | 0,40 | | 4,08 | | |
| | 26 | 2,70 | 0,40 | | 28,08 | | |
| C1 Lateral central | 2 | 2,35 | 0,40 | | 1,88 | | |
| | 13 | 2,30 | 0,40 | | 11,96 | | |
| Zapatas | 6 | 2,60 | 2,60 | | 40,56 | | |
| | 28 | 2,30 | 4,10 | | 264,04 | | |
| | 14 | 2,70 | 3,70 | | 139,86 | | |
| | | | | | 523,10 | | 523,10 |
| | | | | **Total m³ .....:** | **523,10** | **36,23** | **18.951,91** |

| | |
|---|---|
| ***Total subcapítulo 3.1.1.- Zapatas:*** | ***48.323,11*** |
| ***Total subcapítulo 3.1.- Superficiales:*** | ***48.323,11*** |
| **Total presupuesto parcial nº 3 Cimentaciones :** | **48.323,11** |

**Presupuesto parcial nº 4 Estructuras**

| Nº | Ud | Descripción | Medición | Precio | Importe |
|---|---|---|---|---|---|

***4.1.- Acero***

***4.1.1.- Montajes industrializados***

**4.1.1.1 M² Estructura metálica realizada con pórticos de acero laminado S275JR, con una cuantía de acero de 27,3 kg/m², distancia entre apoyos de 23 m, separación de 5 m entre pórticos. Incluso Acero S235JRC en correas metálicas, con piezas simples de perfiles conformados en frío de las series omega, L, U, C o Z, acabado galvanizado y colocado en obra con tornillos.**

| | Uds. | Largo | Ancho | Alto | | Parcial | Subtotal |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2 | 75,00 | 23,00 | | | 3.450,00 | |
| | | | | | | 3.450,00 | 3.450,00 |
| | | | | **Total m² .....:** | **3.450,00** | **34,90** | **120.405,00** |

***Total subcapítulo 4.1.1.- Montajes industrializados:*** ***120.405,00***

***4.1.2.- Pilares***

**4.1.2.1 Ud Placa de anclaje de acero S275JR en perfil plano, con rigidizadores, de 400x600 mm y espesor 20 mm, con 6 pernos soldados, de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 S de 20 mm de diámetro y 100 cm de longitud total.**

| | Uds. | Largo | Ancho | Alto | | Parcial | Subtotal |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 44 | | | | | 44,00 | |
| | | | | | | 44,00 | 44,00 |
| | | | | **Total Ud .....:** | **44,00** | **70,96** | **3.122,24** |

**4.1.2.2 Ud Placa de anclaje de acero S275JR en perfil plano, con rigidizadores, de 350x500 mm y espesor 20 mm, con 6 pernos soldados, de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 S de 20 mm de diámetro y 100 cm de longitud total.**

| | Uds. | Largo | Ancho | Alto | Parcial | Subtotal |
|---|---|---|---|---|---|---|

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 4 | | | | 4,00 | |
| | | | | | 4,00 | 4,00 |
| | | **Total Ud .....:** | **4,00** | **55,76** | | **223,04** |
| | | | | ***Total subcapítulo 4.1.2.- Pilares:*** | | ***3.345,28*** |
| | | | | ***Total subcapítulo 4.1.- Acero:*** | | ***123.750,28*** |
| | | | | **Total presupuesto parcial nº 4 Estructuras :** | | **123.750,28** |

**Presupuesto parcial nº 5 Instalaciones**

| Nº | Ud | Descripción | Medición | Precio | Importe |
|---|---|---|---|---|---|

***5.1.- Eléctricas***

***5.1.1.- Puesta a tierra***

**5.1.1.1 Ud** **Red de toma de tierra para estructura metálica de la nave con 90 m de conductor de cobre desnudo de 35 mm² y 2 picas.**

| | Uds. | Largo | Ancho | Alto | Parcial | Subtotal |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | | | | 1,00 | |
| | | | | | 1,00 | 1,00 |
| | | | **Total Ud .....:** | **1,00** | **472,28** | **472,28** |
| | | | | | ***Total subcapítulo 5.1.1.- Puesta a tierra:*** | ***472,28*** |

***5.1.2.- Canalizaciones***

**5.1.2.1 M** **Suministro e instalación fija en superficie de canalización de canal protectora de PVC rígido, de 30x40 mm. Incluso accesorios.**

| | Uds. | Largo | Ancho | Alto | Parcial | Subtotal |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Tramo 1 | 5 | 50,00 | | | 250,00 | |
| | | | | | 250,00 | 250,00 |
| | | | **Total m .....:** | **250,00** | **8,23** | **2.057,50** |

**5.1.2.2 M** **Suministro e instalación fija en superficie de canalización de canal protectora de PVC rígido, de 40x60 mm. Incluso accesorios.**

| | Uds. | Largo | Ancho | Alto | Parcial | Subtotal |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 5 | | | 20,00 | 100,00 | |
| | | | | | 100,00 | 100,00 |
| | | | **Total m .....:** | **100,00** | **10,23** | **1.023,00** |

**5.1.2.3 M** **Suministro e instalación enterrada de canalización de tubo rígido, suministrado en barra, de polietileno de doble pared (interior lisa y exterior corrugada), de color naranja, de 110 mm de diámetro nominal, resistencia a la compresión 450 N, colocado sobre lecho de arena de 5 cm de espesor, debidamente compactada y nivelada con pisón vibrante de guiado manual, relleno lateral compactando hasta los riñones y posterior relleno con la misma arena hasta 10 cm por encima de la generatriz superior de la tubería. Incluso abrazaderas, elementos de sujeción y accesorios (curvas, manguitos, tes, codos y curvas flexibles), y cinta de señalización.**

| | Uds. | Largo | Ancho | Alto | Parcial | Subtotal |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Tramo 4 conexión CP al CGBT | | | | | | |
| en interior de parcela | 1 | 15,00 | 0,40 | 1,20 | 7,20 | |
| | 1 | 1,00 | 0,40 | 1,20 | 0,48 | |
| en vial | 1 | 25,00 | 0,40 | 1,20 | 12,00 | |
| | | | | | 19,68 | 19,68 |
| | | | **Total m .....:** | **19,68** | **6,58** | **129,49** |
| | | | | | ***Total subcapítulo 5.1.2.- Canalizaciones:*** | ***3.209,99*** |

***5.1.3.- Cables***

**5.1.3.1 M** **Cable unipolar RZ1-K (AS), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 2,5 mm² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1).**

| | Uds. | Largo | Ancho | Alto | Parcial | Subtotal |
|---|---|---|---|---|---|---|

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Tramo 1 | | 55 | 50,00 | | | 2.750,00 | |
| | | | | | | 2.750,00 | 2.750,00 |
| | | | | **Total m .....:** | **2.750,00** | **1,22** | **3.355,00** |

**5.1.3.2 M Cable unipolar RZ1-K (AS), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 35 mm² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1).**

| | Uds. | Largo | Ancho | Alto | Parcial | Subtotal |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Tramo 2 | 5 | 80,00 | | | 400,00 | |
| | | | | | 400,00 | 400,00 |
| | | | **Total m .....:** | **400,00** | **6,54** | **2.616,00** |

**5.1.3.3 M Cable unipolar RZ1-K (AS), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 95 mm² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1).**

| | Uds. | Largo | Ancho | Alto | Parcial | Subtotal |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Tramo 3 | 5 | 3,00 | | | 15,00 | |
| | | | | | 15,00 | 15,00 |
| | | | **Total m .....:** | **15,00** | **14,55** | **218,25** |

**5.1.3.4 M Cable unipolar RZ1-K (AS), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 240 mm² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1).**

| | Uds. | Largo | Ancho | Alto | Parcial | Subtotal |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Tramo 4 | 1 | 30,00 | | | 30,00 | |
| | | | | | 30,00 | 30,00 |
| | | | **Total m .....:** | **30,00** | **33,15** | **994,50** |

***Total subcapítulo 5.1.3.- Cables:*** ***7.183,75***

*5.1.4.- Cajas generales de protección*

**5.1.4.1 Ud Caja general de protección, equipada con bornes de conexión, bases unipolares previstas para colocar protecciones de intensidad máxima 800 A, esquema 7.**

| | Uds. | Largo | Ancho | Alto | Parcial | Subtotal |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | | | | 1,00 | |
| | | | | | 1,00 | 1,00 |
| | | | **Total Ud .....:** | **1,00** | **706,24** | **706,24** |

**5.1.4.2 Ud Caja general de conexiones, equipada con bornes de conexión, bases unipolares previstas para colocar fusibles de intensidad máxima 160 A, esquema 7.**

| | Uds. | Largo | Ancho | Alto | Parcial | Subtotal |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 5 | | | | 5,00 | |
| | | | | | 5,00 | 5,00 |
| | | | **Total Ud .....:** | **5,00** | **293,22** | **1.466,10** |

***Total subcapítulo 5.1.4.- Cajas generales de protección:*** ***2.172,34***

*5.1.5.- Solar fotovoltaica*

**5.1.5.1 Ud Módulo solar fotovoltaico de células de silicio policristalino, potencia máxima (Wp) 345 W, tensión a máxima potencia (Vmp) 37,7 V, intensidad a máxima potencia (Imp) 9,15 A, tensión en circuito abierto (Voc) 46,4 V, intensidad de cortocircuito (Isc) 9,62 A, eficiencia 17,50%.**

| | Uds. | Largo | Ancho | Alto | Parcial | Subtotal |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1.430 | | | | 1.430,00 | |
| | | | | | 1.430,00 | 1.430,00 |
| | | | **Total Ud .....:** | **1.430,00** | **200,73** | **287.043,90** |

**5.1.5.2 Ud Inversor central trifásico para conexión a red, potencia máxima de entrada 138 kWp, voltaje de entrada máximo 1500 Vcc, potencia nominal de salida 92 kVA,eficiencia máxima 98.80%. Incluye sitema de monitorización y control de potencia.**

| | Uds. | Largo | Ancho | Alto | Parcial | Subtotal |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 5 | | | | 5,00 | |
| | | | | | 5,00 | 5,00 |
| | | | | **Total Ud .....:** | **5,00** | **7.422,54** | **37.112,70** |

**5.1.5.3 Ud Colocación y fijación de estructura para 11 placas solares de hasta 72 células en cubierta metálica de aluminio de aluminio EN AW 605.T6 o de acero galvanizado, recibido al paramento con patillas de anclaje y tornillos de acero inoxidable y banda de neopreno para evitar filtraciones de agua entre el aluminio y la chapa de cubierta.**

| | Uds. | Largo | Ancho | Alto | Parcial | Subtotal |
|---|---|---|---|---|---|---|
| kit estructura solar coplanar | 130 | | | | 130,00 | |
| | | | | | 130,00 | 130,00 |
| | | | | **Total Ud .....:** | **130,00** | **10,16** | **1.320,80** |
| | | | | | ***Total subcapítulo 5.1.5.- Solar fotovoltaica:*** | ***325.477,40*** |
| | | | | | ***Total subcapítulo 5.1.- Eléctricas:*** | ***338.515,76*** |

***5.2.- Evacuación de aguas***

***5.2.1.- Bajantes***

**5.2.1.1 M Bajante interior de la red de evacuación de aguas pluviales, formada por tubo de polipropileno, de 160 mm de diámetro, unión con junta elástica.**

| | Uds. | Largo | Ancho | Alto | Parcial | Subtotal |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 8 | | | 6,50 | 52,00 | |
| | | | | | 52,00 | 52,00 |
| | | | | **Total m .....:** | **52,00** | **24,53** | **1.275,56** |
| | | | | | ***Total subcapítulo 5.2.1.- Bajantes:*** | ***1.275,56*** |

***5.2.2.- Canalones***

**5.2.2.1 M Canalón circular de acero galvanizado, de desarrollo 333 mm.**

| | Uds. | Largo | Ancho | Alto | Parcial | Subtotal |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 75,00 | | | 75,00 | |
| | | | | | 75,00 | 75,00 |
| | | | | **Total m .....:** | **75,00** | **22,84** | **1.713,00** |
| | | | | | ***Total subcapítulo 5.2.2.- Canalones:*** | ***1.713,00*** |
| | | | | | ***Total subcapítulo 5.2.- Evacuación de aguas:*** | ***2.988,56*** |
| | | | | | **Total presupuesto parcial nº 5 Instalaciones :** | **341.504,32** |

**Presupuesto parcial nº 6 Cubiertas**

| Nº | Ud | Descripción | Medición | Precio | Importe |
|---|---|---|---|---|---|

***6.1.- Inclinadas***

***6.1.1.- Chapas perfiladas de acero***

**6.1.1.1 M² Cubierta inclinada de chapa perfilada de acero galvanizado, de 0,8 mm de espesor, con una pendiente mayor del 10%.**

| | Uds. | Largo | Ancho | Alto | Parcial | Subtotal |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2 | 75,00 | 23,09 | | 3.463,50 | |
| | | | | | 3.463,50 | 3.463,50 |
| | | | | **Total m² .....:** | **3.463,50** | **7,71** | **26.703,59** |
| | | | | | ***Total subcapítulo 6.1.1.- Chapas perfiladas de acero:*** | ***26.703,59*** |
| | | | | | ***Total subcapítulo 6.1.- Inclinadas:*** | ***26.703,59*** |
| | | | | | **Total presupuesto parcial nº 6 Cubiertas :** | **26.703,59** |

**Presupuesto parcial nº 7 Urbanización interior de la parcela**

| Nº | Ud | Descripción | Medición | Precio | Importe |
|---|---|---|---|---|---|

***7.1.- Contenciones***

***7.1.1.- Sistemas de muros de contención***

**7.1.1.1 M² Capa de 5 cm de espesor de mezcla bituminosa continua en caliente AC16 surf S, para capa de rodadura, de composición semidensa, con árido granítico de 16 mm de tamaño máximo y betún asfáltico de penetración.**

| Uds. | Largo | Ancho | Alto | Parcial | Subtotal |
|---|---|---|---|---|---|
| 2 | 75,00 | 23,00 | | 3.450,00 | |
| | | | | 3.450,00 | 3.450,00 |
| | | | **Total m² .....:** | **3.450,00** | **3,44** | **11.868,00** |

***Total subcapítulo 7.1.1.- Sistemas de muros de contención:*** ***11.868,00***

***Total subcapítulo 7.1.- Contenciones:*** ***11.868,00***

**Total presupuesto parcial nº 7 Urbanización interior de la parcela : 11.868,00**

**Total .....: 561.094,00**

**Asciende el presupuesto de ejecución material a la expresada cantidad de QUINIENTOS SESENTA Y UN MIL NOVENTA Y CUATRO EUROS.**

## 3. Resumen del presupuesto

| | |
|---|---|
| Capítulo 1 Demoliciones | 43,26 |
| Capítulo 1.1 Firmes y pavimentos | 43,26 |
| Capítulo 1.1.1 Pavimentos exteriores | 43,26 |
| Capítulo 2 Acondicionamiento del terreno | 8.901,44 |
| Capítulo 2.1 Movimiento de tierras en edificación | 8.901,44 |
| Capítulo 2.1.1 Excavaciones | 8.521,83 |
| Capítulo 2.1.2 Rellenos y compactaciones | 118,54 |
| Capítulo 2.1.3 Transportes | 261,07 |
| Capítulo 3 Cimentaciones | 48.323,11 |
| Capítulo 3.1 Superficiales | 48.323,11 |
| Capítulo 3.1.1 Zapatas | 48.323,11 |
| Capítulo 4 Estructuras | 123.750,28 |
| Capítulo 4.1 Acero | 123.750,28 |
| Capítulo 4.1.1 Montajes industrializados | 120.405,00 |
| Capítulo 4.1.2 Pilares | 3.345,28 |
| Capítulo 5 Instalaciones | 341.504,32 |
| Capítulo 5.1 Eléctricas | 338.515,76 |
| Capítulo 5.1.1 Puesta a tierra | 472,28 |
| Capítulo 5.1.2 Canalizaciones | 3.209,99 |
| Capítulo 5.1.3 Cables | 7.183,75 |
| Capítulo 5.1.4 Cajas generales de protección | 2.172,34 |
| Capítulo 5.1.5 Solar fotovoltaica | 325.477,40 |
| Capítulo 5.2 Evacuación de aguas | 2.988,56 |

| | |
|---|---|
| Capítulo 5.2.1 Bajantes | 1.275,56 |
| Capítulo 5.2.2 Canalones | 1.713,00 |
| Capítulo 6 Cubiertas | 26.703,59 |
| Capítulo 6.1 Inclinadas | 26.703,59 |
| Capítulo 6.1.1 Chapas perfiladas de acero | 26.703,59 |
| Capítulo 7 Urbanización interior de la parcela | 11.868,00 |
| Capítulo 7.1 Contenciones | 11.868,00 |
| Capítulo 7.1.1 Sistemas de muros de contención | 11.868,00 |
| **PRESUPUESTO DE EJECUCION MATERIAL:** | **561.094,00** |
| **0% de gastos generales** | **0,00** |
| **0% de beneficio industrial** | **0,00** |
| **Suma** | **561.094,00** |
| **21% IVA** | **117.829,74** |
| **PRESUPUESTO DE EJECUCION POR CONTRATA CON IVA:** | **678.923,74** |

Asciende el presupuesto de ejecución por contrata a la expresada cantidad de SEISCIENTOS SETENTA Y OCHO MIL NOVECIENTOS VEINTITRES EUROS CON SETENTA Y CUATRO CÉNTIMOS.

El % de Gastos Generales incluye: la legalización de instalaciones; la redacción de proyectos, documentos y obtención de permisos necesarios para su puesta en marcha, así como la conservación de las obras hasta su recepción definitiva por el Ayuntamiento.

Cabe destacar que el presupuesto no incluye los costes destinados a gestión de residuos, control de calidad y seguridad y salud.

# 4. Estudio viabilidad

## 4.1. Resumen del estudio de viabilidad

El proyecto ha sido desarrollado a petición de una empresa privada y por ello es de gran importancia el desarrollo de un estudio de viabilidad tanto técnico como económico que permita a la empresa valorar la opción de su desarrollo y decidir si entra dentro del plan de inversiones del año próximo.

El estudio de viabilidad técnica del proyecto es favorable, en los apartados anteriores queda justificado el ahorro energético que implica la instalación, además de la solución a la necesidad de una cubierta para proteger el material cerámico existente a la intemperie.

Por ello, se lleva a cabo el estudio de viabilidad económica mediante el análisis de una serie de parámetros que van a permitir a la empresa la toma de decisiones, los parámetros estudiados son los siguientes:

- VAN, Valor Actual Neto, permite la determinación de una valoración de la inversión en función del valor actualizado de los cobros y pagos que son originarios de la propuesta a lo largo del periodo de inversión. Para que el proyecto resulte viable, el VAN obtenido deberá tener valor superior a cero.

- PayBack, refleja el plazo en el que la inversión inicial realizada para llevar a cabo la propuesta es recuperada.

- TIR, Tasa Interna de Rentabilidad, tasa de descuento que iguala los flujos de caja tanto positivos como negativos que se generan durante el periodo de amortización del proyecto de inversión. Se destaca que la TIR obtenida deberá ser superior a la tasa de interés considerada para que sea invertible el proyecto.

Para el desarrollo de este estudio se van a considerar los valores del Índice de Precios al Consumo (IPC) medio durante los años de amortización de la instalación de un 1,1% y el IPC eléctrico de un 1,8%.

Con esto, se consigue:

- Revalorizar el ahorro de energía durante el período de estudio.
- Obtener la actualización de los beneficios respecto al año anterior, con el fin de obtener los resultados económicos adecuados.

Se destaca que, a pesar de que el período de servicio de la nave industrial es de 50 años, va a ser considerado como periodo de amortización de la instalación los 25 años correspondientes a la vida útil de los paneles y al período de garantía de los módulos solares fotovoltaicos dado por el fabricante.

Los resultados de la inversión correspondiente a cada una de las partes principales del proyecto se han obtenido del apartado "*PRESUPUESTO*".Sin considerar el IVA.

| Instalación | Inversión |
|---|---|
| **Instalación solar fotovoltaica** | 338.515,76 € |
| **Estructura metálica** | 222.578,24 € |
| **Total** | 561.094,00 € |

*Tabla 45. Resumen presupuesto del proyecto*

Es importante conocer las pérdidas en el conjunto de la instalación fotovoltaica para estimar la producción energética a lo largo del período de amortización, estas se adjuntan en el apartado "*Justificación de los resultados del estudio de viabilidad*".

Junto con el estudio de energía generada por la instalación a lo largo de un año, los parámetros de pérdidas obtenidas en la instalación de forma anual y el costo de la energía por kWh de 0,1503 €/kWh proporcionado por la compañía abastecedora, se obtienen los resultados que recoge la tabla siguiente.

| | |
|---|---|
| **IPC medio a 25años** | 1,1% |
| **IPC eléctrico** | 1,8% |
| **VAN** | 1.922.313,98 € |
| **TIR** | 18,7% |
| **Payback Actualizado** | 5,63 años |

*Tabla 46. Resumen estudio de viabilidad económico*

Los resultados obtenidos permiten concluir que la inversión es viable, la TIR de aproximadamente un 20 % garantiza la viabilidad de la inversión, el periodo de retorno de la inversión de 5 años y 229,95 días es un plazo de recuperación que puede resultar interesante para la empresa.

### 4.2. Justificación de los resultados

Para la justificación de los parámetros obtenidos, se debe conocer el valor de la variación de la energía generada por la instalación anualmente durante el periodo de amortización. Para ello se estudian las pérdidas que afectan de forma directa a la instalación.

| Año | Pérdidas en la instalación fotovoltaica (%) | | | | | | Pérdidas Totales (%) | Energía generada MWh |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | O, i | Suciedad | Temperatura | Inversor | Cables | Envejecimiento | | |
| 1 | 7.5% | 3.0% | 6.08% | 5.3% | 0.60% | 0% | 22.39% | **701.37** |
| 2 | 7.5% | 3.0% | 6.08% | 5.3% | 0.60% | 0.4% | 22.79% | **697.77** |
| 3 | 7.5% | 3.0% | 6.08% | 5.3% | 0.60% | 0.8% | 23.19% | **694.16** |
| 4 | 7.5% | 3.0% | 6.08% | 5.3% | 0.60% | 1.2% | 23.59% | **690.55** |
| 5 | 7.5% | 3.0% | 6.08% | 5.3% | 0.60% | 1.6% | 23.99% | **686.95** |
| 6 | 7.5% | 3.0% | 6.08% | 5.3% | 0.60% | 2.0% | 24.39% | **683.34** |
| 7 | 7.5% | 3.0% | 6.08% | 5.3% | 0.60% | 2.4% | 24.79% | **679.73** |
| 8 | 7.5% | 3.0% | 6.08% | 5.3% | 0.60% | 2.8% | 25.19% | **676.13** |
| 9 | 7.5% | 3.0% | 6.08% | 5.3% | 0.60% | 3.2% | 25.59% | **672.52** |
| 10 | 7.5% | 3.0% | 6.08% | 5.3% | 0.60% | 3.6% | 25.99% | **668.91** |
| 11 | 7.5% | 3.0% | 6.08% | 5.3% | 0.60% | 4.0% | 26.39% | **665.30** |
| 12 | 7.5% | 3.0% | 6.08% | 5.3% | 0.60% | 4.4% | 26.78% | **661.70** |
| 13 | 7.5% | 3.0% | 6.08% | 5.3% | 0.60% | 4.8% | 27.18% | **658.09** |
| 14 | 7.5% | 3.0% | 6.08% | 5.3% | 0.60% | 5.2% | 27.58% | **654.48** |
| 15 | 7.5% | 3.0% | 6.08% | 5.3% | 0.60% | 5.6% | 27.98% | **650.88** |
| 16 | 7.5% | 3.0% | 6.08% | 5.3% | 0.60% | 6.0% | 28.38% | **647.27** |
| 17 | 7.5% | 3.0% | 6.08% | 5.3% | 0.60% | 6.4% | 28.78% | **643.66** |
| 18 | 7.5% | 3.0% | 6.08% | 5.3% | 0.60% | 6.8% | 29.18% | **640.06** |
| 19 | 7.5% | 3.0% | 6.08% | 5.3% | 0.60% | 7.2% | 29.58% | **636.45** |
| 20 | 7.5% | 3.0% | 6.08% | 5.3% | 0.60% | 7.6% | 29.98% | **632.84** |
| 21 | 7.5% | 3.0% | 6.08% | 5.3% | 0.60% | 8.0% | 30.38% | **629.23** |
| 22 | 7.5% | 3.0% | 6.08% | 5.3% | 0.60% | 8.4% | 30.78% | **625.63** |
| 23 | 7.5% | 3.0% | 6.08% | 5.3% | 0.60% | 8.8% | 31.17% | **622.02** |
| 24 | 7.5% | 3.0% | 6.08% | 5.3% | 0.60% | 9.2% | 31.57% | **618.41** |
| 25 | 7.5% | 3.0% | 6.08% | 5.3% | 0.60% | 9.6% | 31.97% | **614.81** |

*Tabla 47. Estudio de la producción energética durante el periodo de amortización de la instalación.*

Donde cada una de las pérdidas que se ve involucrada han sido obtenidas en el "*ANEXO I. Dimensionado de la instalación solar fotovoltaica*" en concreto en el apartado de "*Performance Ratio*", sin embargo, para la obtención de las pérdidas por envejecimiento de los módulos solares se ha aplicado la siguiente expresión:

$$Envejecimiento = \left(0.4^{i}\right); \quad i = año\ de\ estudio$$

Y las pérdidas en el inversor se obtienen con la siguiente expresión:

$$Inversor = (6 - 0.15 \cdot n); \quad n = número\ de\ inversores$$

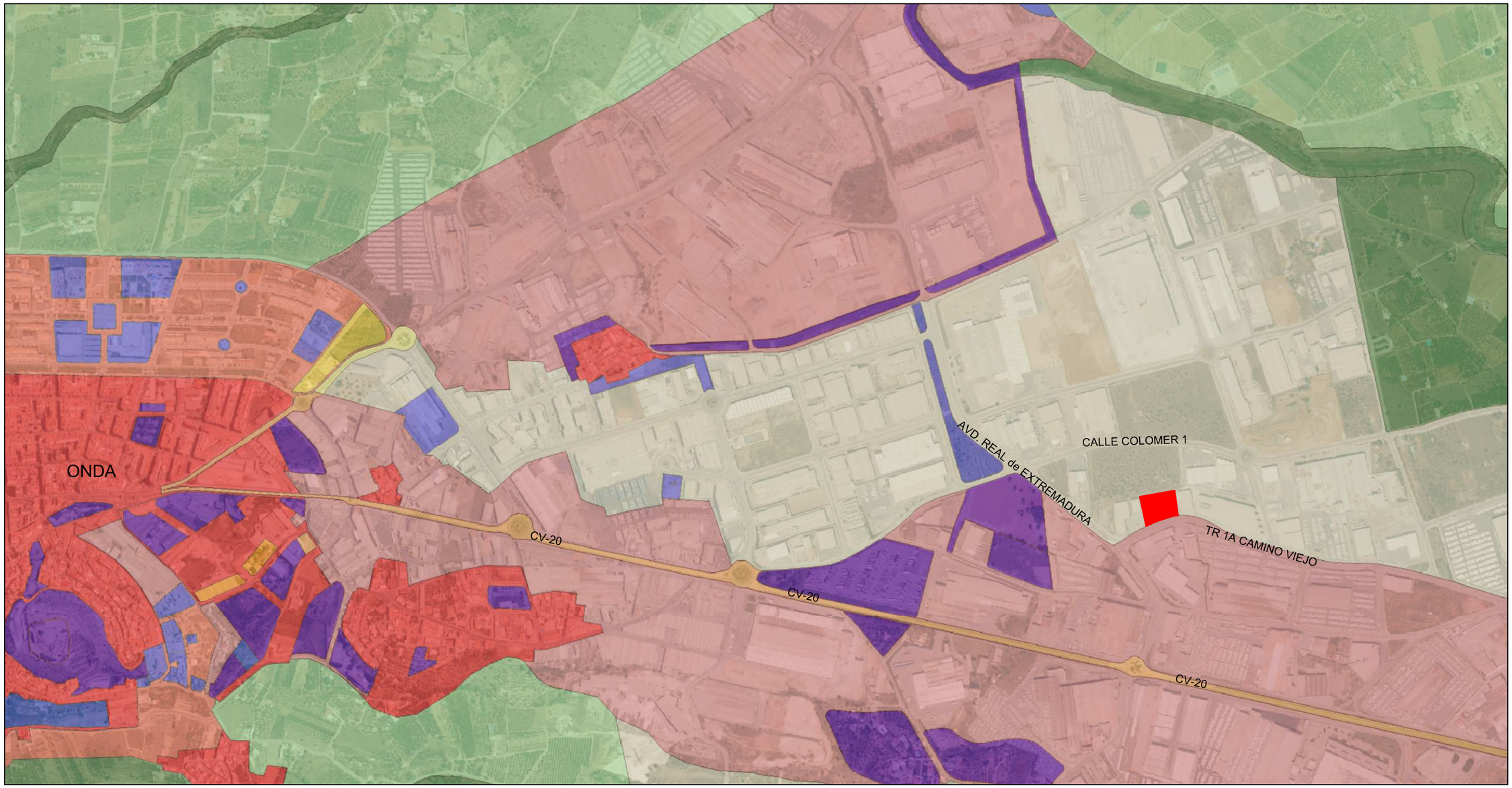
La tabla que recoge los resultados del estudio de viabilidad económica se muestra a continuación:

| Año | Producción Energía anual MWh | Precio energía revalorizado €/MWh | Ingresos anuales | Coste mantenimiento | Cashflow inversión € | Cashflow Actualizado € | Cashflow Acumulado inversión € |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | **- 561.094,00** | **- 561.094,00** | |
| 1 | 701,37 | 151,03 | 105.928,53 | 6.300,00 | 99.628,53 | 98.544,54 | (462.549,46) |
| 2 | 697,77 | 153,75 | 107.280,68 | 6.394,50 | 100.886,18 | 98.702,77 | (363.846,69) |
| 3 | 694,16 | 156,52 | 108.647,18 | 6.490,42 | 102.156,77 | 98.858,42 | (264.988,27) |
| 4 | 690,55 | 159,33 | 110.028,12 | 6.587,77 | 103.440,35 | 99.011,44 | (165.976,83) |
| 5 | 686,95 | 162,20 | 111.423,58 | 6.686,59 | 104.736,99 | 99.161,78 | (66.815,05) |
| 6 | 683,34 | 165,12 | 112.833,62 | 6.786,89 | 106.046,73 | 99.309,40 | 32.494,34 |
| 7 | 679,73 | 168,09 | 114.258,32 | 6.888,69 | 107.369,63 | 99.454,25 | 131.948,59 |
| 8 | 676,13 | 171,12 | 115.697,75 | 6.992,02 | 108.705,73 | 99.596,29 | 231.544,89 |
| 9 | 672,52 | 174,20 | 117.151,98 | 7.096,90 | 110.055,08 | 99.735,48 | 331.280,37 |
| 10 | 668,91 | 177,33 | 118.621,08 | 7.203,36 | 111.417,72 | 99.871,76 | 431.152,13 |
| 11 | 665,30 | 180,53 | 120.105,11 | 7.311,41 | 112.793,70 | 100.005,10 | 531.157,23 |
| 12 | 661,70 | 183,78 | 121.604,13 | 7.421,08 | 114.183,05 | 100.135,43 | 631.292,66 |
| 13 | 658,09 | 187,08 | 123.118,20 | 7.532,39 | 115.585,80 | 100.262,72 | 731.555,37 |
| 14 | 654,48 | 190,45 | 124.647,37 | 7.645,38 | 117.001,99 | 100.386,91 | 831.942,28 |
| 15 | 650,88 | 193,88 | 126.191,71 | 7.760,06 | 118.431,65 | 100.507,96 | 932.450,24 |
| 16 | 647,27 | 197,37 | 127.751,26 | 7.876,46 | 119.874,80 | 100.625,81 | 1.033.076,05 |
| 17 | 643,66 | 200,92 | 129.326,06 | 7.994,61 | 121.331,45 | 100.740,42 | 1.133.816,47 |
| 18 | 640,06 | 204,54 | 130.916,17 | 8.114,53 | 122.801,64 | 100.851,73 | 1.234.668,20 |
| 19 | 636,45 | 208,22 | 132.521,62 | 8.236,25 | 124.285,37 | 100.959,70 | 1.335.627,90 |
| 20 | 632,84 | 211,97 | 134.142,45 | 8.359,79 | 125.782,66 | 101.064,27 | 1.436.692,17 |
| 21 | 629,23 | 215,78 | 135.778,69 | 8.485,19 | 127.293,50 | 101.165,39 | 1.537.857,57 |
| 22 | 625,63 | 219,67 | 137.430,37 | 8.612,46 | 128.817,91 | 101.263,01 | 1.639.120,57 |
| 23 | 622,02 | 223,62 | 139.097,52 | 8.741,65 | 130.355,87 | 101.357,06 | 1.740.477,63 |
| 24 | 618,41 | 227,65 | 140.780,16 | 8.872,78 | 131.907,39 | 101.447,51 | 1.841.925,14 |
| 25 | 614,81 | 231,74 | 142.478,31 | 9.005,87 | 133.472,45 | 101.534,29 | 1.943.459,43 |

*Tabla 48. Parámetros del estudio de viabilidad económico*

# V. PLANOS

**ÍNDICE DE PLANOS**




PARCELA

EMPLAZAMIENTO: POLÍGONO UI-6, TR 1A.
CAMINO VIEJO 5 Suelo, 12200 ONDA

REF CATASTRAL 6977806YK3267N0001TF

CLASIFICACIÓN, CALIFICACIÓN: SUELO URBANO INDUSTRIAL.

TÍTULO DEL PROYECTO: ESTRUCTURA METÁLICA PARA ALMACENAMIENTO DE MATERIALES CERÁMICOS E INSTALACIÓN FOLTOVOLTAICA ONDA

UNIVERSITAT JAUME I

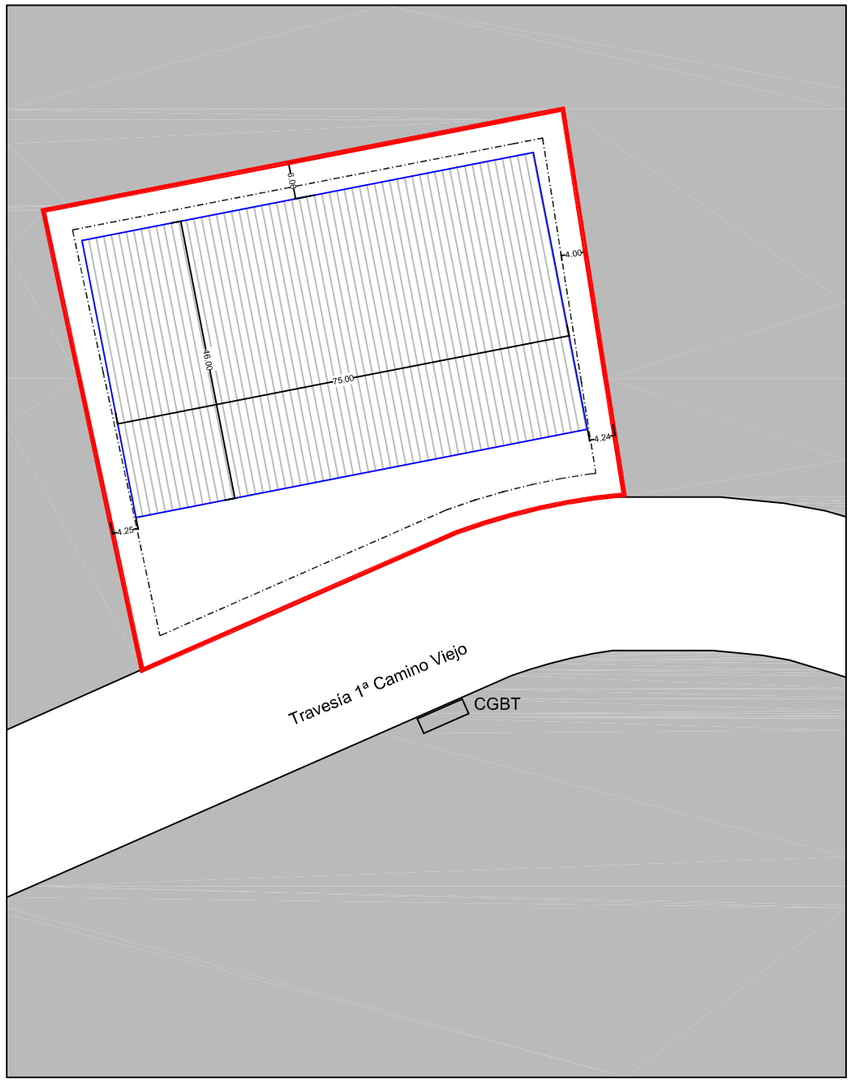
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA Y CONSTRUCCIÓN
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE SISTEMAS INDUSTRIALES Y DISEÑO

REFERENCIA TÉCNICA:
David Hernandez Figueirido
Lluís Monjo Mur

AUTOR DEL PROYECTO:
Celia Lacomba Albert

FECHA:
Octubre de 2019

| DESIGNACIÓN: | ESCALA: | PLANO: |
|---|---|---|
| SITUACIÓN | 1/10000 | 01 |





| | | |
|---|---|---|
| LÍMITE DE PARCELA | | Sparcela = 5.752,00 m2 |
| SEPARACIÓN A LINDES >= 4.00m | | |
| EMPLAZAMIENTO DE LA NAVE | | Sconstruida = 3.450,00 m2 |
| MÓDULO SOLAR FOTOVOLTAICO | | |

TÍTULO DEL PROYECTO: ESTRUCTURA METÁLICA PARA ALMACENAMIENTO DE MATERIALES CERÁMICOS E INSTALACIÓN FOLTOVOLTAICA ONDA

UNIVERSITAT JAUME I

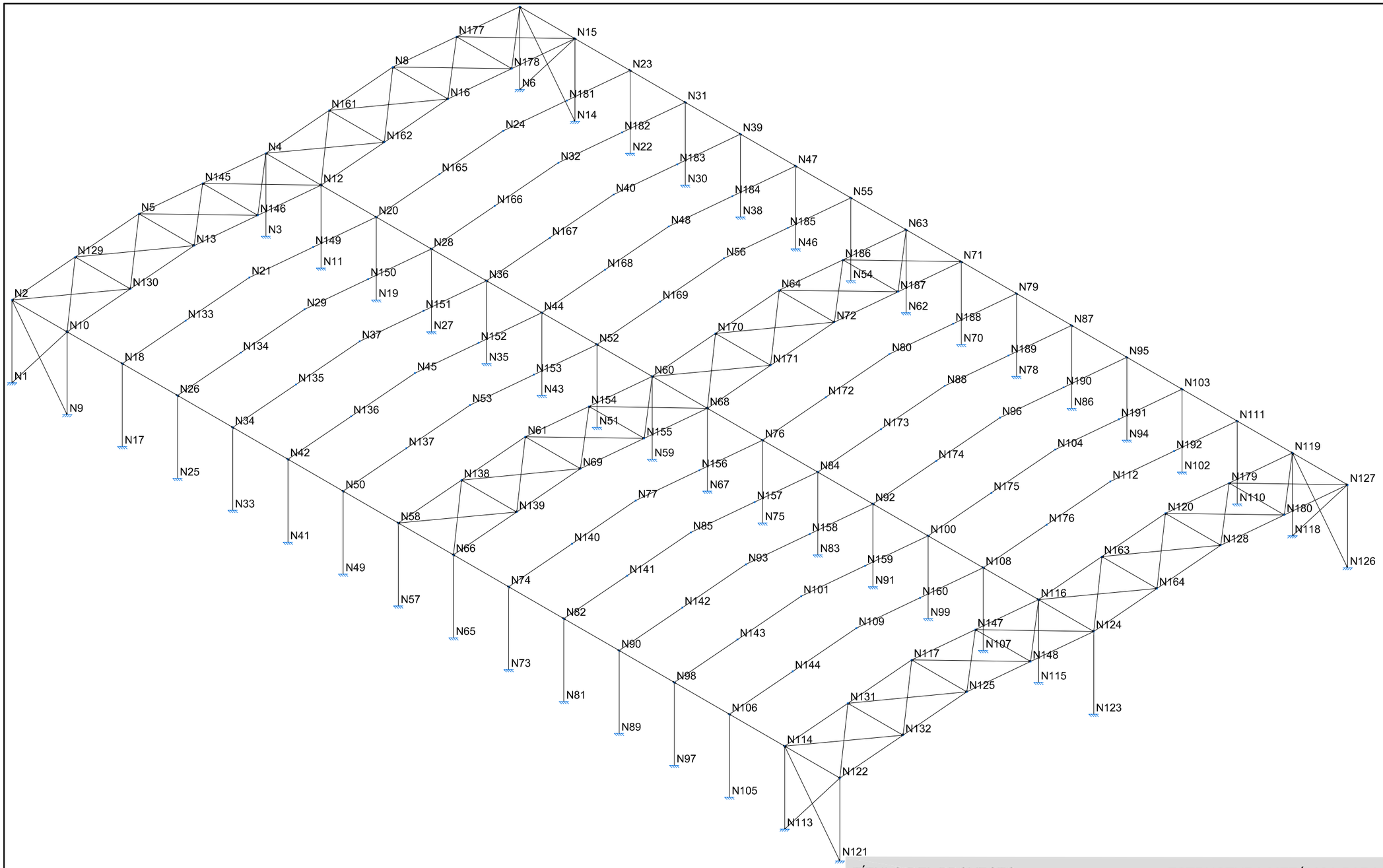
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA Y CONSTRUCCIÓN
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE SISTEMAS INDUSTRIALES Y DISEÑO

REFERENCIA TÉCNICA:
David Hernandez Figueirido
Lluís Monjo Mur

AUTOR DEL PROYECTO:
Celia Lacomba Albert

FECHA:
Octubre de 2019

| DESIGNACIÓN: | ESCALA: | PLANO: |
|---|---|---|
| EMPLAZAMIENTO | 1/1000 | 02 |




Norma de acero laminado: CTE DB SE-A
Acero laminado: S275

TÍTULO DEL PROYECTO:

ESTRUCTURA METÁLICA PARA ALMACENAMIENTO DE MATERIALES CERÁMICOS E INSTALACIÓN FOLTOVOLTAICA ONDA

UNIVERSITAT JAUME I

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA Y CONSTRUCCIÓN
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE SISTEMAS INDUSTRIALES Y DISEÑO

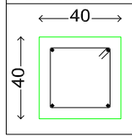
REFERENCIA TÉCNICA:
David Hernandez Figueirido
Lluís Monjo Mur

AUTOR DEL PROYECTO:
Celia Lacomba Albert

FECHA:
Octubre de 2019

| DESIGNACIÓN: | ESCALA: | PLANO: |
|---|---|---|
| ESTRUCTURA 3D | 1/250 | 03 |


## CUADRO DE VIGAS DE ATADO




C.1

Arm. sup.: 2Ø12

Arm. inf.: 2Ø12

Estribos: 1xØ8c/30

## CUADRO DE ZAPATAS

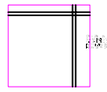
230 x 410 x 90

Sup X: 17Ø16c/24
Sup Y: 9Ø16c/24
Inf X: 17Ø16c/24
Inf Y: 9Ø16c/24

260 x 260 x 85

Sup X: 10Ø16c/26
Sup Y: 10Ø16c/26
Inf X: 10Ø16c/26
Inf Y: 10Ø16c/26

270 x 370 x 85



Sup X: 14Ø16c/26
Sup Y: 10Ø16c/26
Inf X: 14Ø16c/26
Inf Y: 10Ø16c/26

| Cuadro de arranques | | |
|---|---|---|
| Referencias | Pernos de Placas de Anclaje | Dimensión de Placas de Anclaje |
| N6, N126, N121, N1, N3 y N123 | 6 Pernos Ø 20 | Placa base (350x500x22) |
| N14, N22, N30, N38, N46, N54, N62, N70, N78, N86, N94, N102, N110, N118, N113, N105, N97, N89, N81, N73, N65, N57, N49, N41, N33, N25, N17, N9, N115, N107, N99, N91, N83, N75, N67, N59, N51, N43, N35, N27, N19 y N11 | 6 Pernos Ø 20 | Placa base (400x600x22) |

| Resumen Acero Elemento, Viga y Placa de anclaje | | Long. total (m) | Peso+10% (kg) | Total |
|---|---|---|---|---|
| B 500 S, Ys=1.15 | Ø8 | 965.6 | 419 | |
| | Ø12 | 1326.8 | 1296 | |
| | Ø16 | 6737.6 | 11698 | 13413 |

TÍTULO DEL PROYECTO: ESTRUCTURA METÁLICA PARA ALMACENAMIENTO DE MATERIALES CERÁMICOS E INSTALACIÓN FOLTOVOLTAICA ONDA

UNIVERSITAT JAUME I

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA Y CONSTRUCCIÓN
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE SISTEMAS INDUSTRIALES Y DISEÑO


REFERENCIA TÉCNICA:
David Hernandez Figueirido
Lluís Monjo Mur

AUTOR DEL PROYECTO:
Celia Lacomba Albert

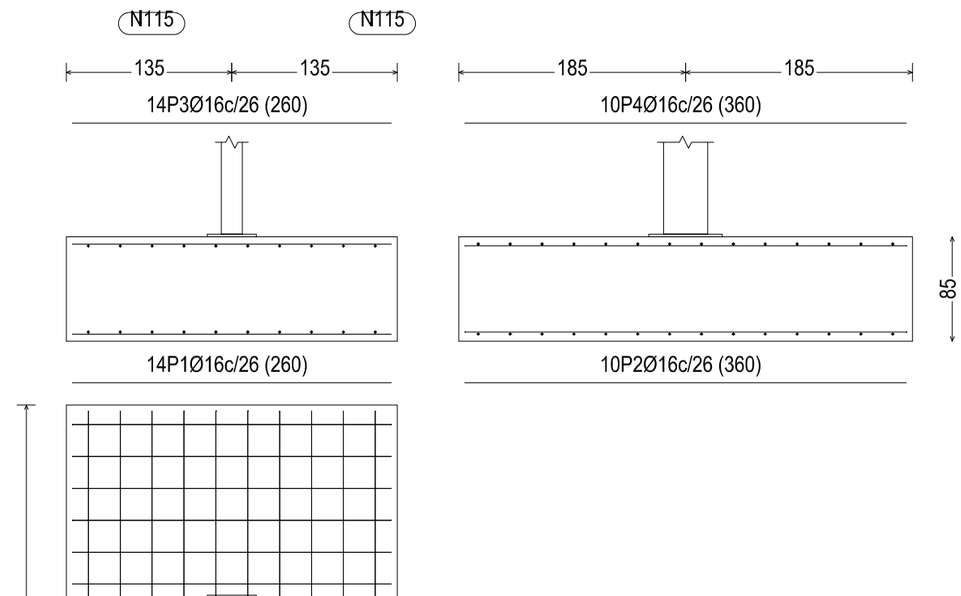

FECHA:
Octubre de 2019

DESIGNACIÓN: PLANTA DE CIMENTACIÓN. DETALLES

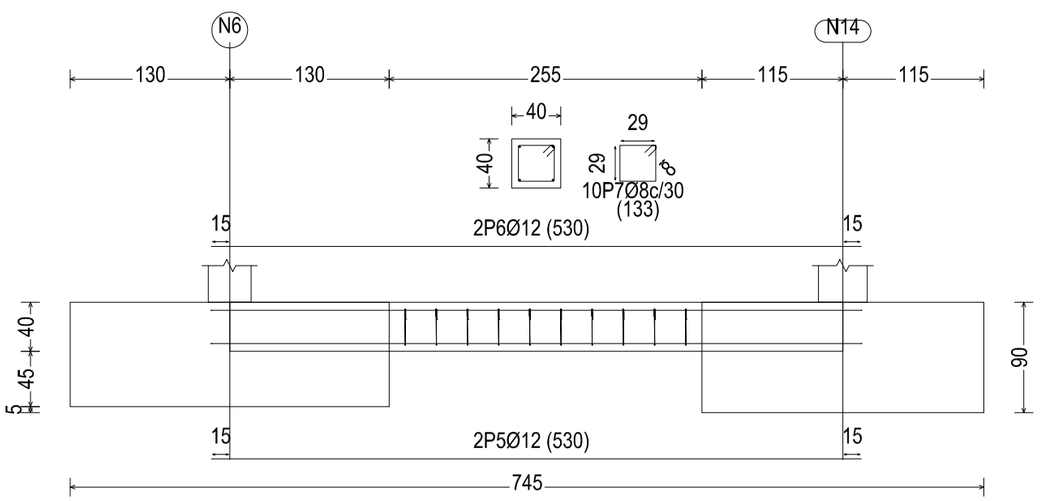
ESCALA: 1/250

PLANO: 04

N115, N107, N99, N91, N83, N75, N67, N59, N51, N43, N35, N27, N19 y N11




C [N6-N14], C [N22-N14], C [N22-N30], C [N30-N38], C [N38-N46], C [N46-N54], C [N54-N62], C [N62-N70], C [N70-N78], C [N78-N86], C [N86-N94], C [N94-N102], C [N102-N110], C [N110-N118], C [N118-N126], C [N123-N115], C [N115-N107], C [N107-N99], C [N99-N91], C [N91-N83], C [N83-N75], C [N75-N67], C [N67-N59], C [N59-N51], C [N51-N43], C [N43-N35], C [N35-N27], C [N27-N19], C [N19-N11], C [N11-N3], C [N1-N9], C [N9-N17], C [N17-N25], C [N25-N33], C [N33-N41], C [N41-N49], C [N49-N57], C [N57-N65], C [N65-N73], C [N73-N81], C [N81-N89], C [N89-N97], C [N97-N105], C [N105-N113] y C [N113-N121]




| Elemento | Pos. | Diám. | No. | Long. (cm) | Total (cm) | B 500 S, Ys=1.15 (kg) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| N115=N107=N99=N91=N83 | 1 | Ø16 | 14 | 260 | 3640 | 57.5 |
| N75=N67=N59=N51=N43=N35 | 2 | Ø16 | 10 | 360 | 3600 | 56.8 |
| N27=N19=N11 | 3 | Ø16 | 14 | 260 | 3640 | 57.5 |
| | 4 | Ø16 | 10 | 360 | 3600 | 56.8 |
| | | | | | Total+10%: | 251.5 |
| | | | | | (x14): | 3521.0 |
| C [N6-N14]=C [N22-N14] | 5 | Ø12 | 2 | 530 | 1060 | 9.4 |
| C [N22-N30]=C [N30-N38] | 6 | Ø12 | 2 | 530 | 1060 | 9.4 |
| C [N38-N46]=C [N46-N54] | 7 | Ø8 | 10 | 133 | 1330 | 5.2 |
| C [N54-N62]=C [N62-N70] | | | | | | |
| C [N70-N78]=C [N78-N86] | | | | | | |
| C [N86-N94]=C [N94-N102] | | | | | | |
| C [N102-N110]=C [N110-N118] | | | | | | |
| C [N118-N126]=C [N123-N115] | | | | | | |
| C [N115-N107]=C [N107-N99] | | | | | | |
| C [N99-N91]=C [N91-N83] | | | | | | |
| C [N83-N75]=C [N75-N67] | | | | | | |
| C [N67-N59]=C [N59-N51] | | | | | | |
| C [N51-N43]=C [N43-N35] | | | | | | |
| C [N35-N27]=C [N27-N19] | | | | | | |
| C [N19-N11]=C [N11-N3] | | | | | | |
| C [N1-N9]=C [N9-N17] | | | | | | |
| C [N17-N25]=C [N25-N33] | | | | | | |
| C [N33-N41]=C [N41-N49] | | | | | | |
| C [N49-N57]=C [N57-N65] | | | | | | |
| C [N65-N73]=C [N73-N81] | | | | | | |
| C [N81-N89]=C [N89-N97] | | | | | | |
| C [N97-N105]=C [N105-N113] | | | | | Total+10%: | 26.4 |
| C [N113-N121] | | | | | (x45): | 1188.0 |
| | | | | | Ø8: | 256.5 |
| | | | | | Ø12: | 931.5 |
| | | | | | Ø16: | 3521.0 |
| | | | | | Total: | 4709.0 |

TÍTULO DEL PROYECTO: ESTRUCTURA METÁLICA PARA ALMACENAMIENTO DE MATERIALES CERÁMICOS E INSTALACIÓN FOLTOVOLTAICA ONDA

UNIVERSITAT JAUME I

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA Y CONSTRUCCIÓN
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE SISTEMAS INDUSTRIALES Y DISEÑO

REFERENCIA TÉCNICA:
David Hernandez Figueirido
Lluís Monjo Mur

AUTOR DEL PROYECTO:
Celia Lacomba Albert

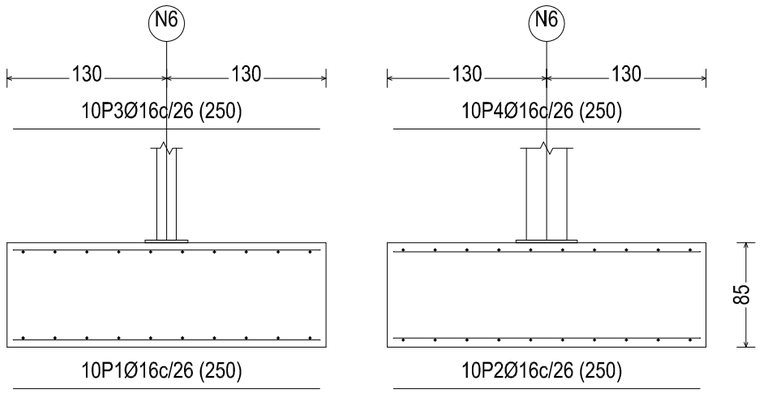
FECHA:
Octubre de 2019

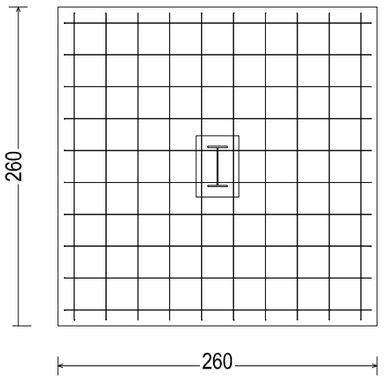
DESIGNACIÓN: PLANTA DE CIMENTACIÓN. DETALLES

ESCALA: 1/50

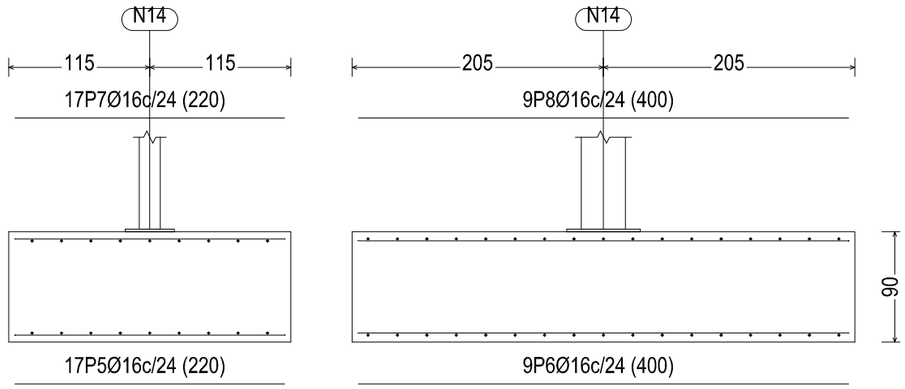
PLANO: 05

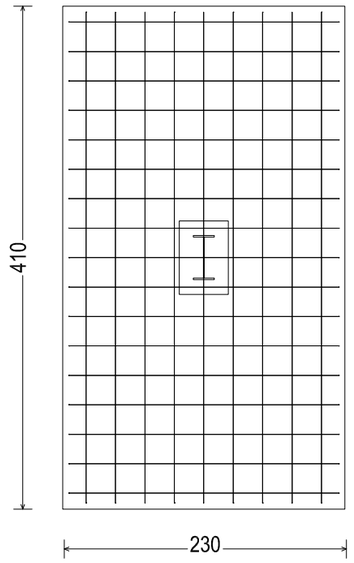
N6, N126, N121, N1, N3 y N123




N14, N22, N30, N38, N46, N54, N62, N70, N78, N86, N94, N102, N110, N118, N113, N105, N97, N89, N81, N73, N65, N57, N49, N41, N33, N25, N17 y N9




| Elemento | Pos. | Diám. | No. | Long. (cm) | Total (cm) | B 500 S, Ys=1.15 (kg) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| N6=N126=N121=N1=N3=N123 | 1 | Ø16 | 10 | 250 | 2500 | 39.5 |
| | 2 | Ø16 | 10 | 250 | 2500 | 39.5 |
| | 3 | Ø16 | 10 | 250 | 2500 | 39.5 |
| | 4 | Ø16 | 10 | 250 | 2500 | 39.5 |
| | | | | | Total+10%: | 173.8 |
| | | | | | (x6): | 1042.8 |
| N14=N22=N30=N38=N46=N54 N62=N70=N78=N86=N94=N102 N110=N118=N113=N105=N97 N89=N81=N73=N65=N57=N49 N41=N33=N25=N17=N9 | 5 | Ø16 | 17 | 220 | 3740 | 59.0 |
| | 6 | Ø16 | 9 | 400 | 3600 | 56.8 |
| | 7 | Ø16 | 17 | 220 | 3740 | 59.0 |
| | 8 | Ø16 | 9 | 400 | 3600 | 56.8 |
| | | | | | Total+10%: | 254.8 |
| | | | | | (x28): | 7134.4 |
| | | | | | Ø16: | 8177.2 |
| | | | | | Total: | 8177.2 |

TÍTULO DEL PROYECTO: ESTRUCTURA METÁLICA PARA ALMACENAMIENTO DE MATERIALES CERÁMICOS E INSTALACIÓN FOLTOVOLTAICA ONDA

UNIVERSITAT JAUME I

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA Y CONSTRUCCIÓN
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE SISTEMAS INDUSTRIALES Y DISEÑO

REFERENCIA TÉCNICA:
David Hernandez Figueirido
Lluís Monjo Mur

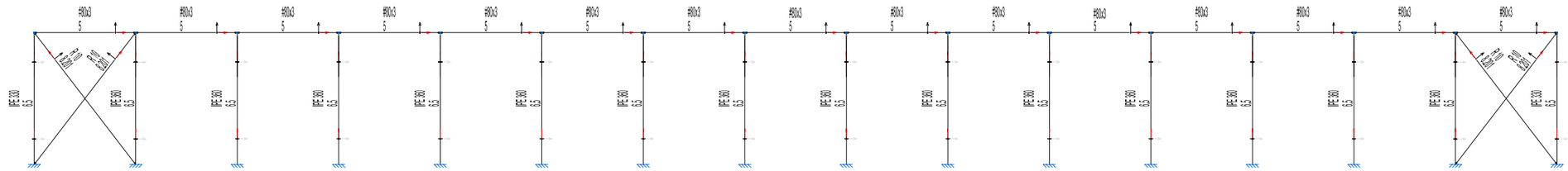
AUTOR DEL PROYECTO:
Celia Lacomba Albert

FECHA:
Octubre de 2019

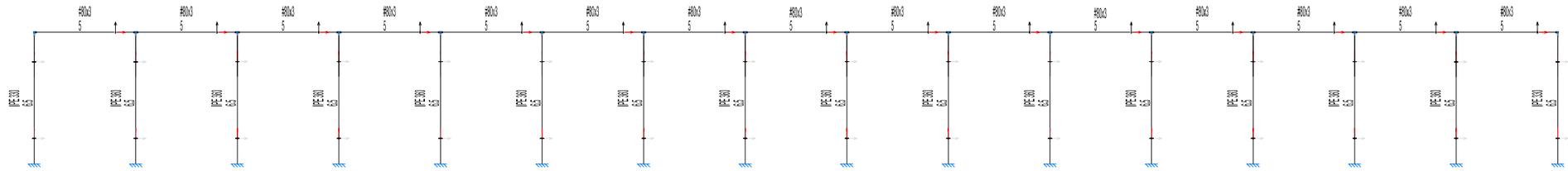
DESIGNACIÓN: PLANTA DE CIMENTACIÓN. DETALLES

ESCALA: 1/50

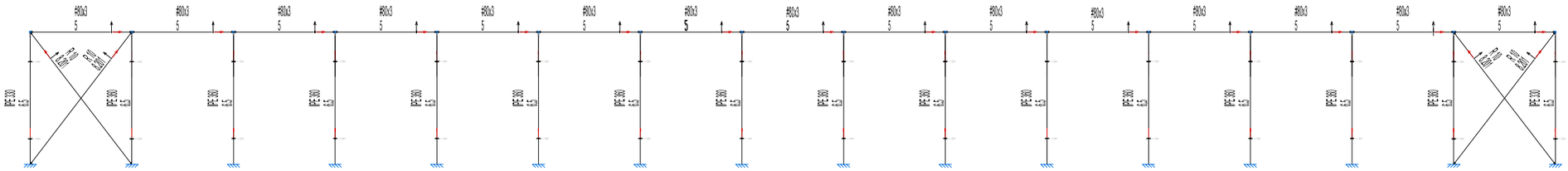
PLANO: 06



LATERAL IZQUIERDO



LATERAL CENTRO



LATERAL DERECHO

Norma de acero laminado: CTE DB SE-A
Acero laminado: S275

TÍTULO DEL PROYECTO: ESTRUCTURA METÁLICA PARA ALMACENAMIENTO DE MATERIALES CERÁMICOS E INSTALACIÓN FOLTOVOLTAICA ONDA

UNIVERSITAT JAUME I

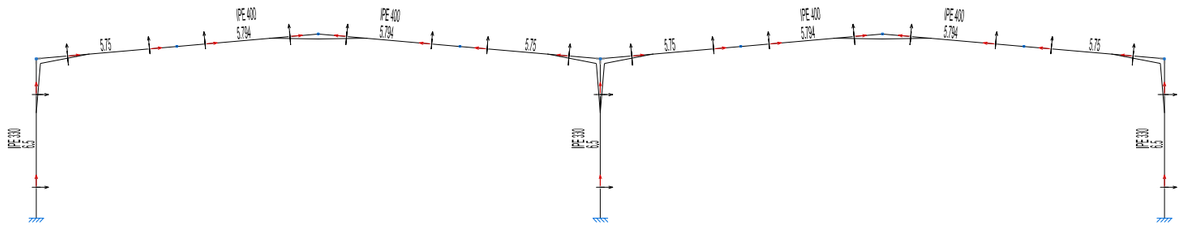
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA Y CONSTRUCCIÓN
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE SISTEMAS INDUSTRIALES Y DISEÑO

REFERENCIA TÉCNICA:
David Hernandez Figueirido
Lluís Monjo Mur

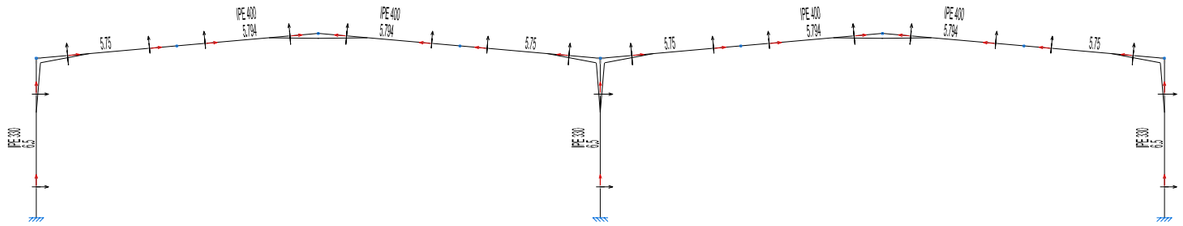
AUTOR DEL PROYECTO:
Celia Lacomba Albert

FECHA:
Octubre de 2019

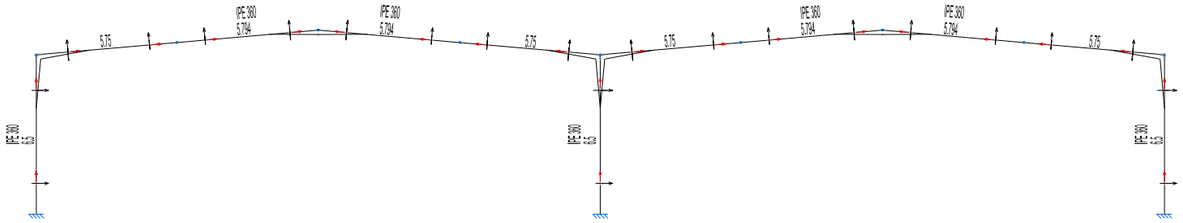
| DESIGNACIÓN: | ESCALA: | PLANO: |
|---|---|---|
| PÓRTICOS LATERALES. UNIONES. | 1/250 | 07 |



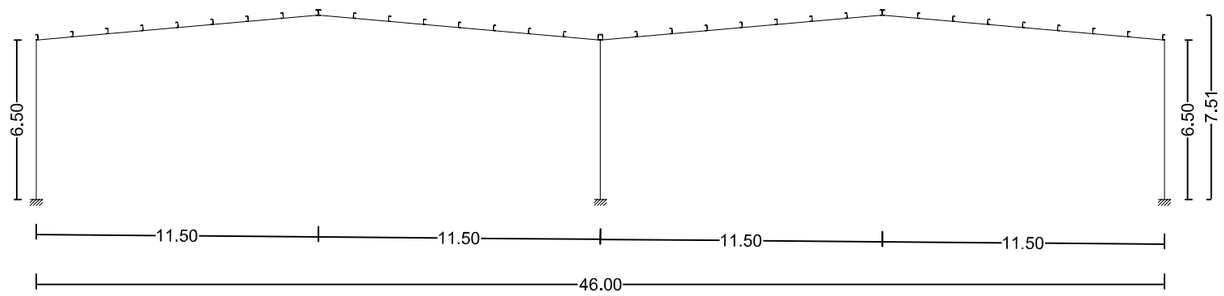

FACHADA FRONTAL




FACHADA TRASERA




P15




CORREAS EN CUBIERTA

Norma de acero laminado: CTE DB SE-A
Acero laminado: S275

Separación entre pórticos: 5.00m
Tipo de acero S235
Tipo de perfil: CF-225x2.5
Separación: 1.50m
Número de correos: 36
Peso lineal:295.61 Kg/m

TÍTULO DEL PROYECTO: ESTRUCTURA METÁLICA PARA ALMACENAMIENTO DE MATERIALES CERÁMICOS E INSTALACIÓN FOLTOVOLTAICA ONDA

UNIVERSITAT JAUME I

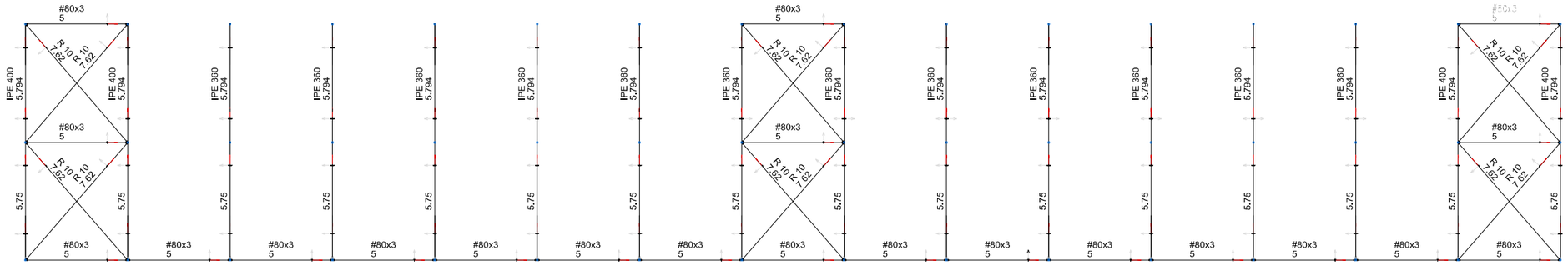
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA Y CONSTRUCCIÓN
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE SISTEMAS INDUSTRIALES Y DISEÑO

REFERENCIA TÉCNICA:
David Hernandez Figueirido
Lluís Monjo Mur

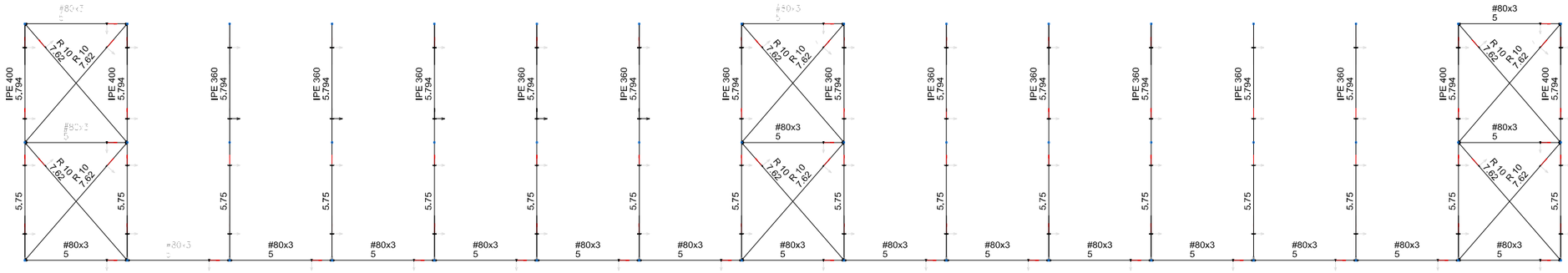
AUTOR DEL PROYECTO:
Celia Lacomba Albert

FECHA:
Octubre de 2019

| DESIGNACIÓN: | ESCALA: | PLANO: |
|---|---|---|
| PÓRTICOS FRONTALES Y LATERALES. UNIONES. | 1/250 | 08 |




FALDÓN IZQUIERDO 1




FALDÓN IZQUIERDO 2

Norma de acero laminado: CTE DB SE-A
Acero laminado: S275

TÍTULO DEL PROYECTO: ESTRUCTURA METÁLICA PARA ALMACENAMIENTO DE MATERIALES CERÁMICOS E INSTALACIÓN FOLTOVOLTAICA ONDA

UNIVERSITAT JAUME I

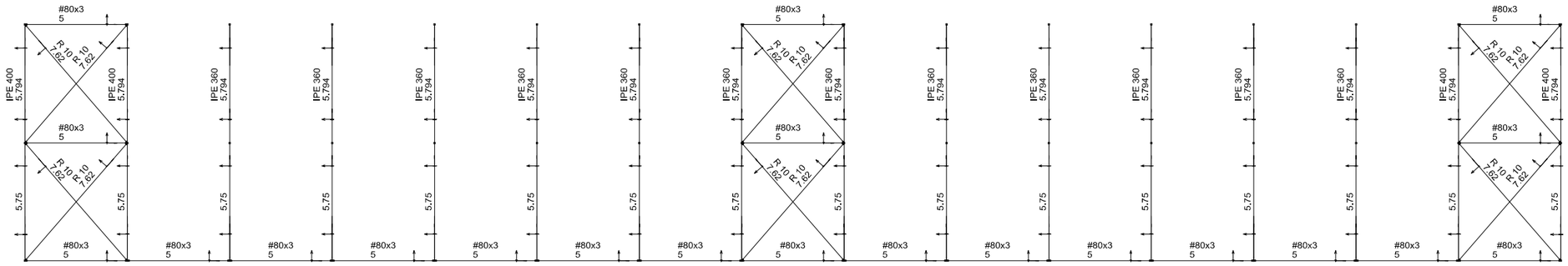
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA Y CONSTRUCCIÓN
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE SISTEMAS INDUSTRIALES Y DISEÑO

REFERENCIA TÉCNICA:
David Hernandez Figueirido
Lluís Monjo Mur

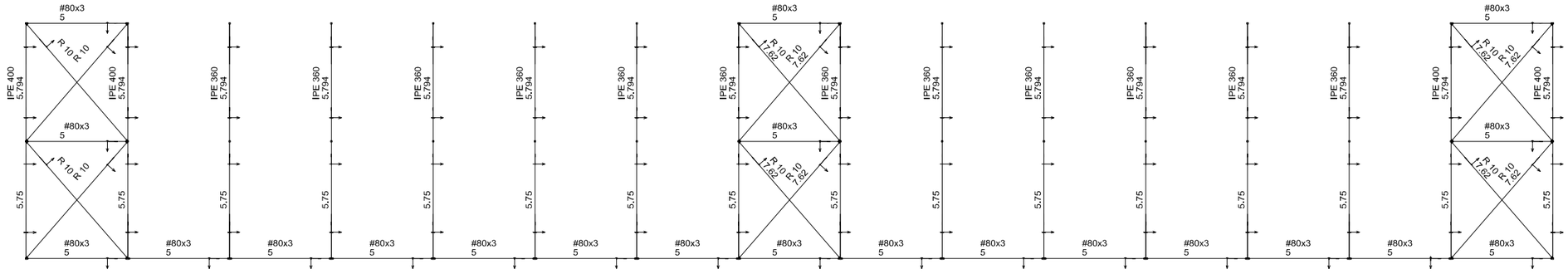
AUTOR DEL PROYECTO:
Celia Lacomba Albert

FECHA:
Octubre de 2019

| DESIGNACIÓN: | ESCALA: | PLANO: |
|---|---|---|
| ENTRAMADO DE CUBIERTA. FALDÓN IZQUIERDO. | 1/250 | 09 |




FALDÓN DERECHO 1




FALDÓN DERECHO 2

Norma de acero laminado: CTE DB SE-A
Acero laminado: S275

TÍTULO DEL PROYECTO: ESTRUCTURA METÁLICA PARA ALMACENAMIENTO DE MATERIALES CERÁMICOS E INSTALACIÓN FOLTOVOLTAICA ONDA

UNIVERSITAT JAUME I

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA Y CONSTRUCCIÓN
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE SISTEMAS INDUSTRIALES Y DISEÑO

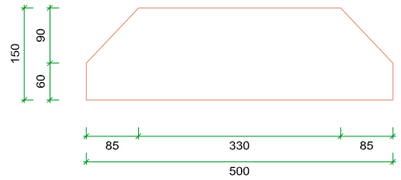
REFERENCIA TÉCNICA:
David Hernandez Figueirido
Lluís Monjo Mur

AUTOR DEL PROYECTO:
Celia Lacomba Albert

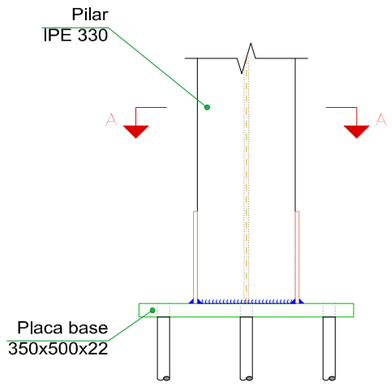
FECHA:
Octubre de 2019

| DESIGNACIÓN: | ESCALA: | PLANO: |
|---|---|---|
| ENTRAMADO DE CUBIERTA. FALDÓN DERECHO. | 1/250 | 10 |

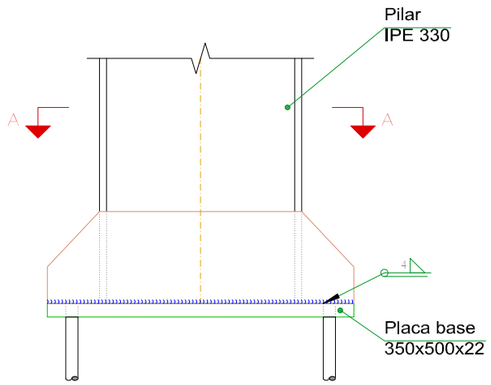
## Tipo 1



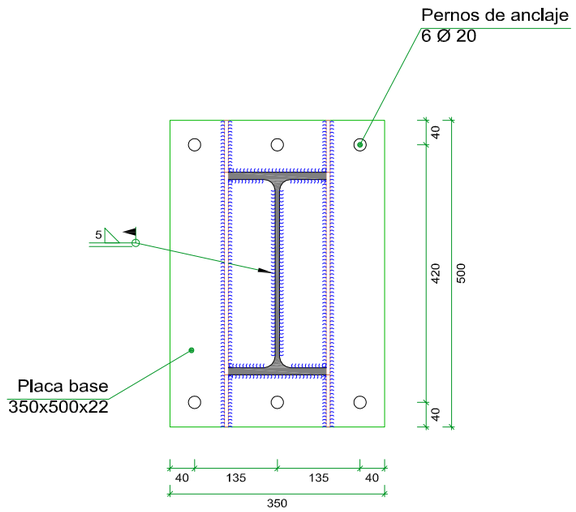

Rigidizadores y - y (e = 6 mm)



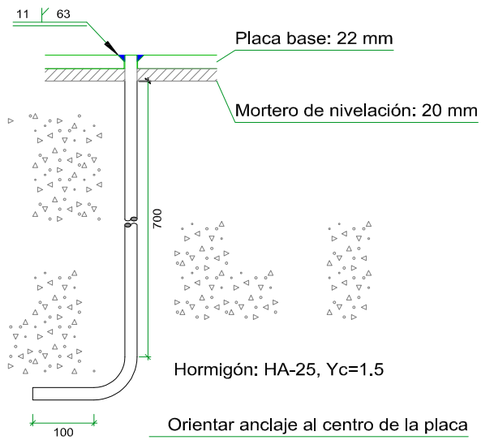

Alzado




Vista lateral



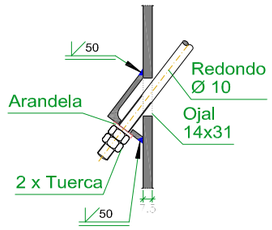

Sección A - A



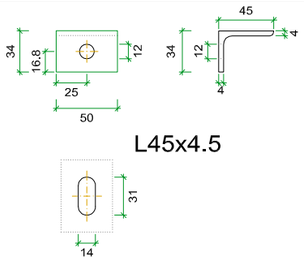

Anclaje de los pernos Ø 20,
B 500 S, Ys = 1.15 (corrugado)

Escala 1:10

## Tipo 2



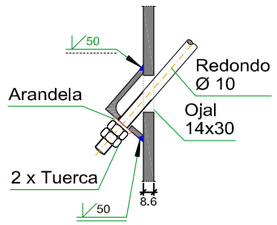

Sección transversal



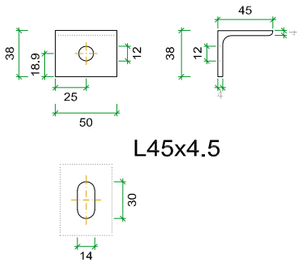

Detalle del ojal

Escala 1:5

## Tipo 3



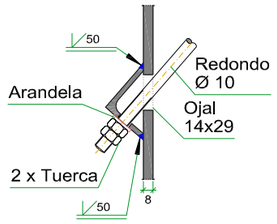

Sección transversal



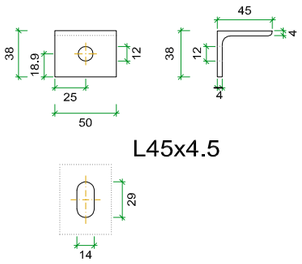

Detalle del ojal

Escala 1:5

## Tipo 35




Sección transversal




Detalle del ojal

Escala 1:5

TÍTULO DEL PROYECTO: ESTRUCTURA METÁLICA PARA ALMACENAMIENTO DE MATERIALES CERÁMICOS E INSTALACIÓN FOLTOVOLTAICA ONDA

UNIVERSITAT JAUME I

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA Y CONSTRUCCIÓN
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE SISTEMAS INDUSTRIALES Y DISEÑO

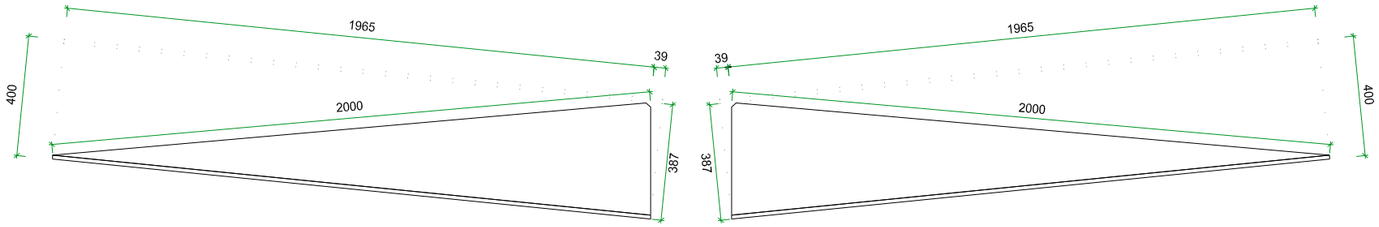
REFERENCIA TÉCNICA:
David Hernandez Figueirido
Lluís Monjo Mur

AUTOR DEL PROYECTO:
Celia Lacomba Albert

FECHA:
Octubre de 2019

| DESIGNACIÓN: | ESCALA: | PLANO: |
|---|---|---|
| UNIONES. DETALLES | --- | 11.1 |

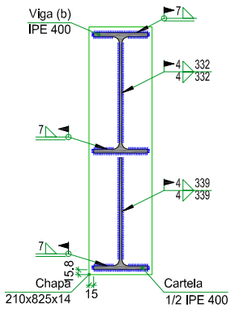
# Tipo 4



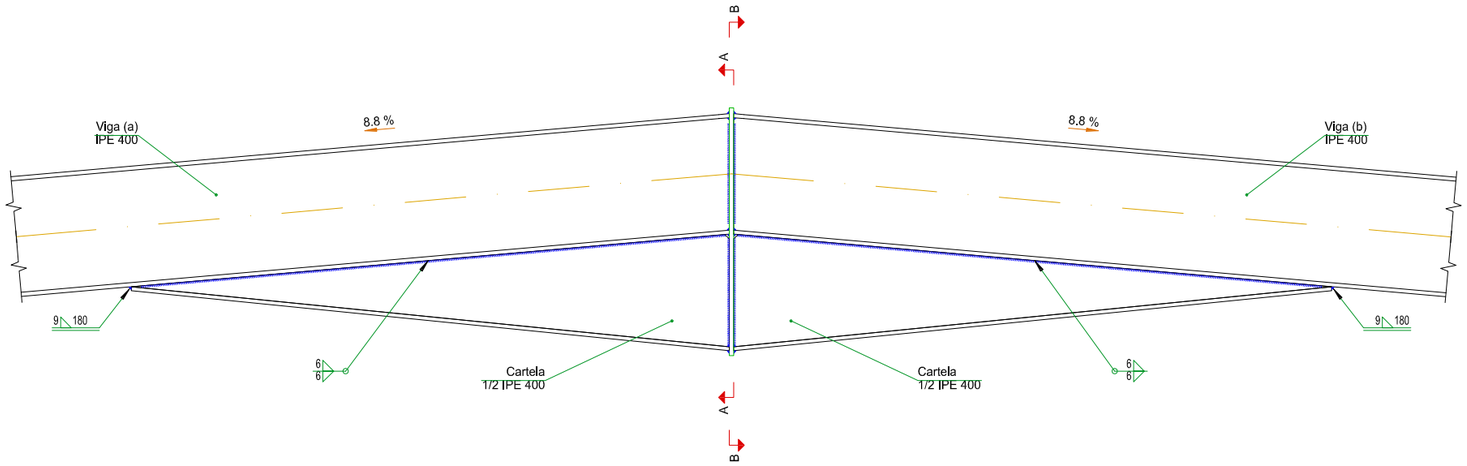

Viga (a): detalle de la cartela (1/2 IPE 400)



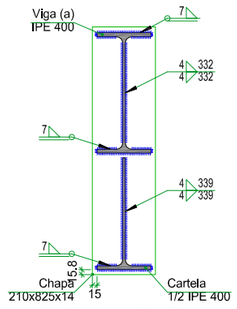

Viga (b): detalle de la cartela (1/2 IPE 400)




Sección A - A



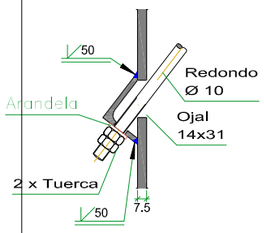

Alzado



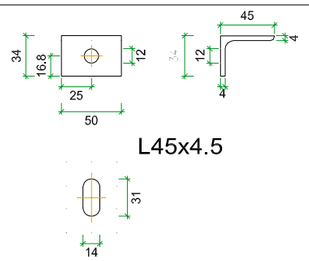

Sección B - B

Escala 1:20

# Tipo 5



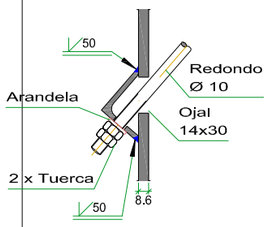

Sección transversal



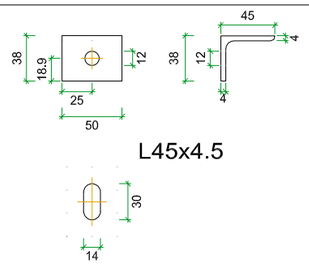

Detalle del ojal

Escala 1:5

# Tipo 33



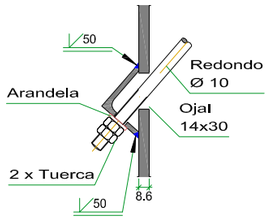

Sección transversal



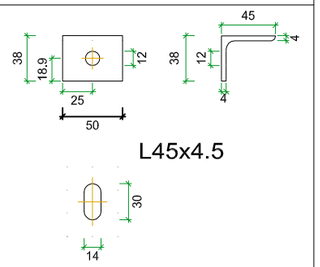

Detalle del ojal

Escala 1:5

# Tipo 34




Sección transversal




Detalle del ojal

Escala 1:5

TÍTULO DEL PROYECTO: ESTRUCTURA METÁLICA PARA ALMACENAMIENTO DE MATERIALES CERÁMICOS E INSTALACIÓN FOLTOVOLTAICA ONDA

UNIVERSITAT JAUME I

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA Y CONSTRUCCIÓN
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE SISTEMAS INDUSTRIALES Y DISEÑO

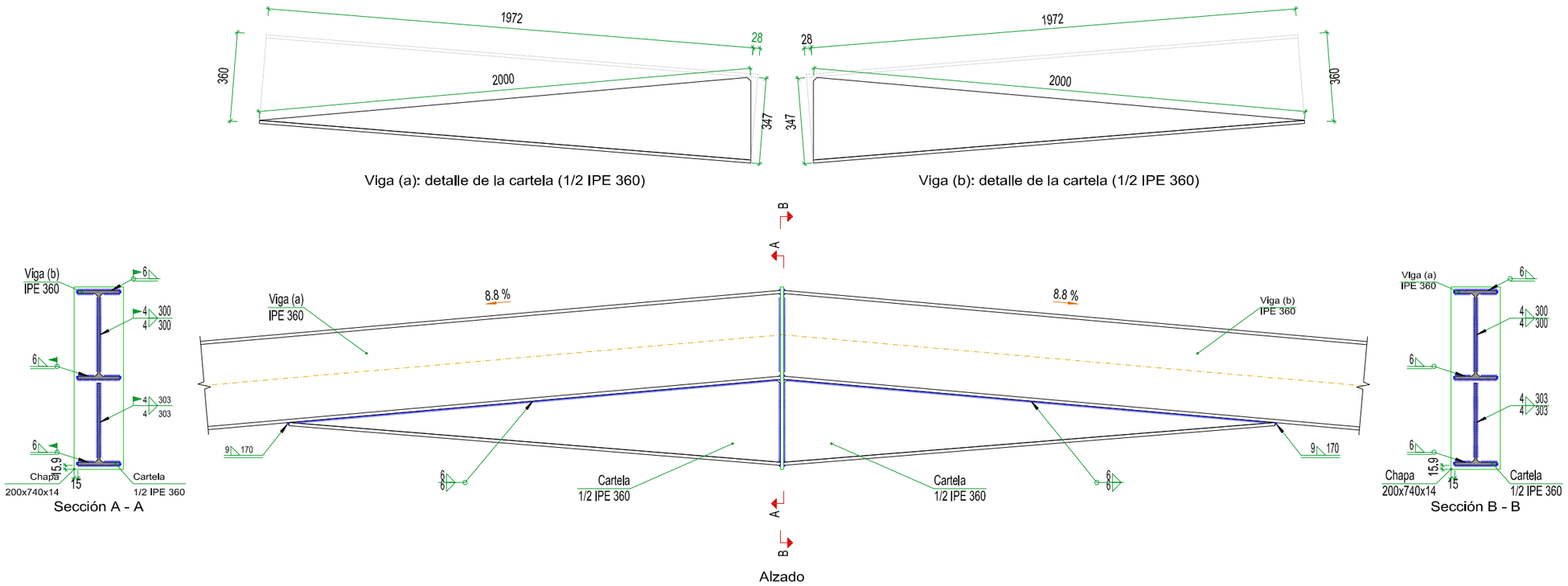
REFERENCIA TÉCNICA:
David Hernandez Figueirido
Lluis Monjo Mur

AUTOR DEL PROYECTO:
Celia Lacomba Albert

FECHA:
Octubre de 2019

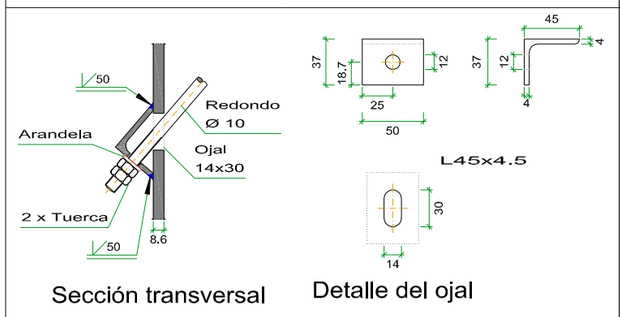
| DESIGNACIÓN: | ESCALA: | PLANO: |
|---|---|---|
| UNIONES. DETALLES | --- | 11.2 |

# Tipo 12



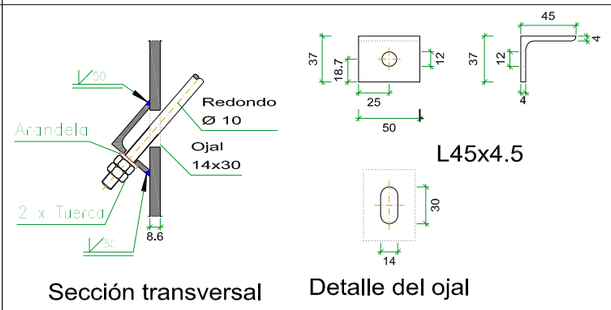

Escala 1:20

## Tipo 24



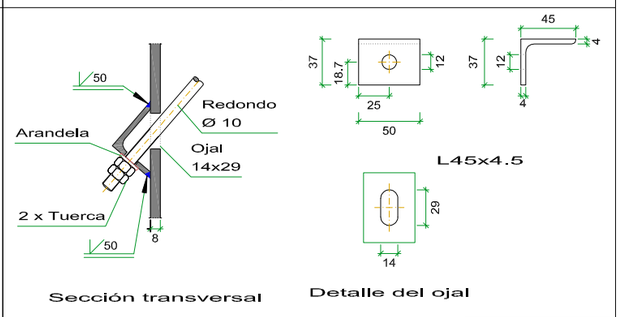

Escala 1:5

## Tipo 25




Escala 1:5

## Tipo 26




Escala 1:5

TÍTULO DEL PROYECTO: ESTRUCTURA METÁLICA PARA ALMACENAMIENTO DE MATERIALES CERÁMICOS E INSTALACIÓN FOLTOVOLTAICA ONDA

UNIVERSITAT JAUME I

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA Y CONSTRUCCIÓN
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE SISTEMAS INDUSTRIALES Y DISEÑO

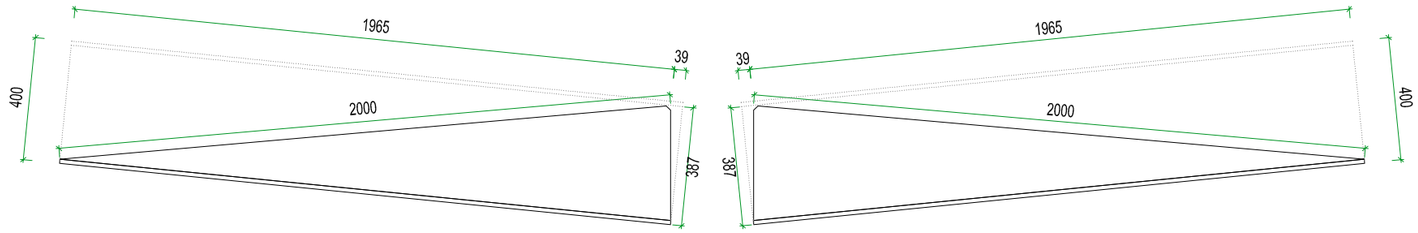

REFERENCIA TÉCNICA:
David Hernandez Figueirido
Lluís Monjo Mur

AUTOR DEL PROYECTO:
Celia Lacomba Albert


FECHA:
Octubre de 2019

| DESIGNACIÓN: | ESCALA: | PLANO: |
|---|---|---|
| UNIONES. DETALLES | --- | 11.3 |

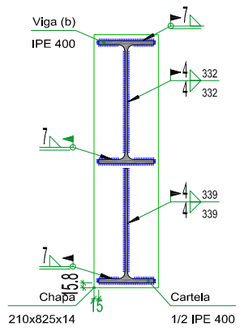
# Tipo 10



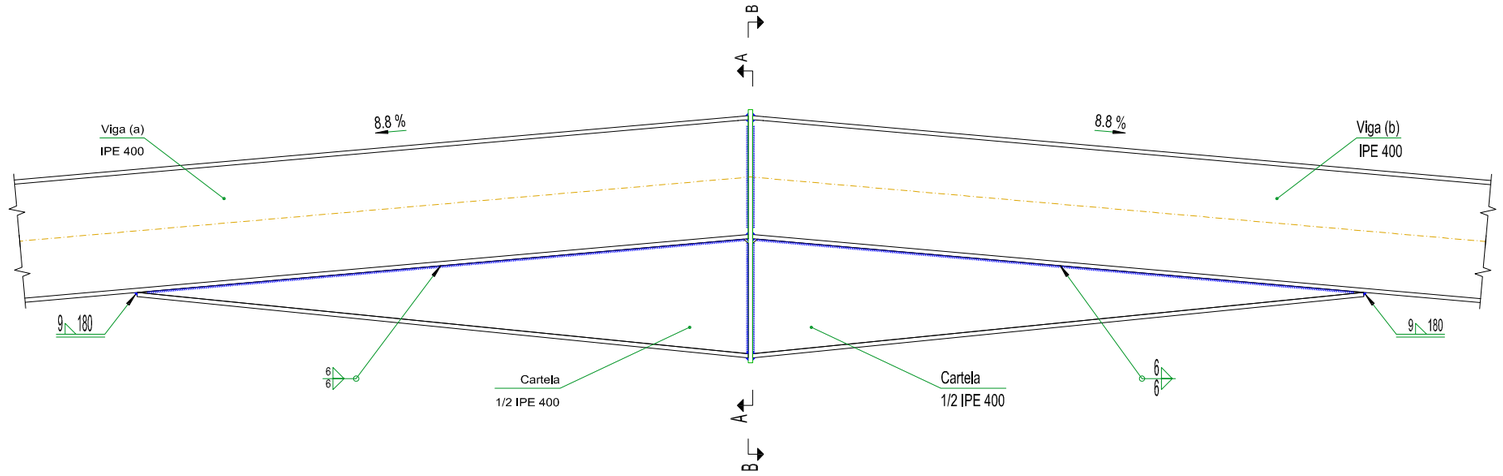

Viga (a): detalle de la cartela (1/2 IPE 400)



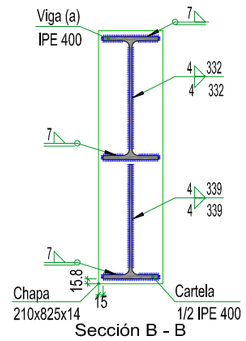

Viga (b): detalle de la cartela (1/2 IPE 400)




Sección A - A



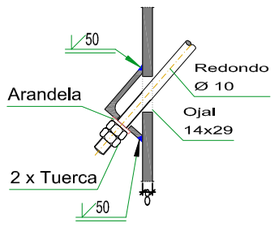

Alzado



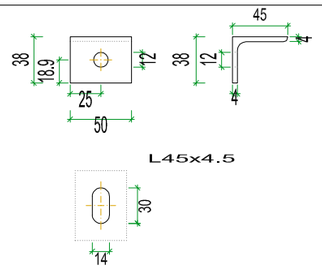

Sección B - B

Escala 1:20

# Tipo 11



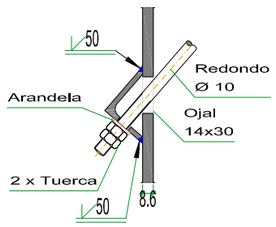

Sección transversal



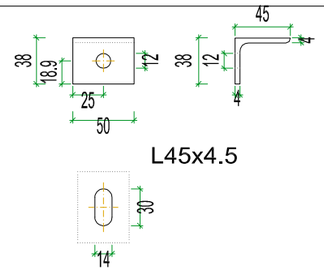

Detalle del ojal

Escala 1:5

# Tipo 27



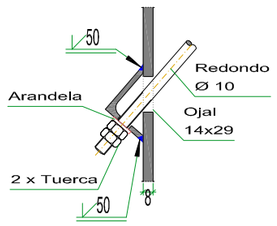

Sección transversal



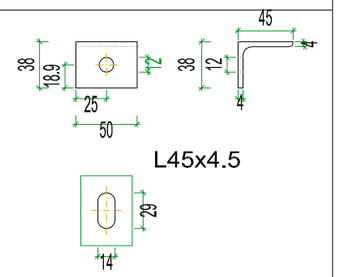

Detalle del ojal

Escala 1:5

# Tipo 28




Sección transversal




Detalle del ojal

Escala 1:5

TÍTULO DEL PROYECTO: ESTRUCTURA METÁLICA PARA ALMACENAMIENTO DE MATERIALES CERÁMICOS E INSTALACIÓN FOLTOVOLTAICA ONDA

UNIVERSITAT JAUME I

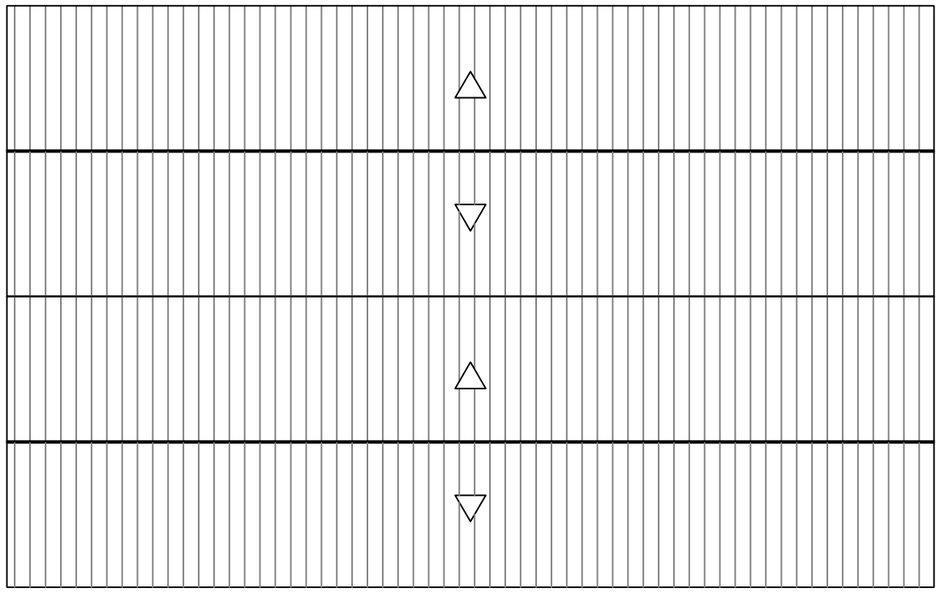
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA Y CONSTRUCCIÓN
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE SISTEMAS INDUSTRIALES Y DISEÑO

REFERENCIA TÉCNICA:
David Hernandez Figueirido
Lluís Monjo Mur

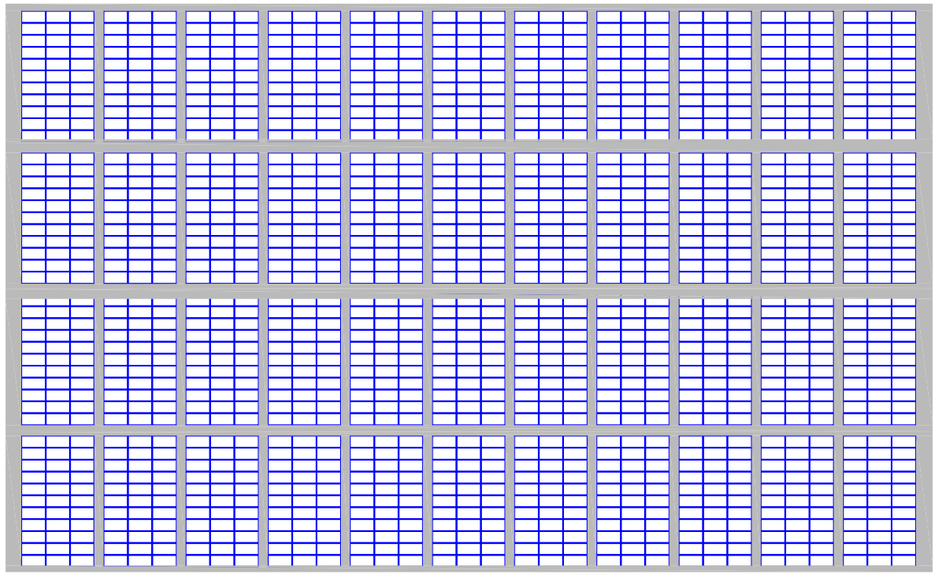
AUTOR DEL PROYECTO:
Celia Lacomba Albert

FECHA:
Octubre de 2019

| DESIGNACIÓN: | ESCALA: | PLANO: |
|---|---|---|
| UNIONES. DETALLES | --- | 11.4 |



PLANTA DE CUBIERTA INCLINADA



PLANTA DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA SOBRE CUBIERTA

MÓDULO SOLAR FOTOVOLTAICO

De células de silicio policristalino
Potencia máxima (Wp) 345 W
Tensión a máxima potencia (Vmp) 37,7 V
Intensidad a máxima potencia (Imp) 9,15 A
Tensión en circuito abierto (Voc) 46,4 V
Intensidad de cortocircuito (Isc) 9,62 A
Eficiencia 17,50%.

TÍTULO DEL PROYECTO: ESTRUCTURA METÁLICA PARA ALMACENAMIENTO DE MATERIALES CERÁMICOS E INSTALACIÓN FOLTOVOLTAICA ONDA

UNIVERSITAT JAUME I

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA Y CONSTRUCCIÓN
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE SISTEMAS INDUSTRIALES Y DISEÑO

REFERENCIA TÉCNICA:
David Hernandez Figueirido
Lluís Monjo Mur

AUTOR DEL PROYECTO:
Celia Lacomba Albert

FECHA:
Octubre de 2019

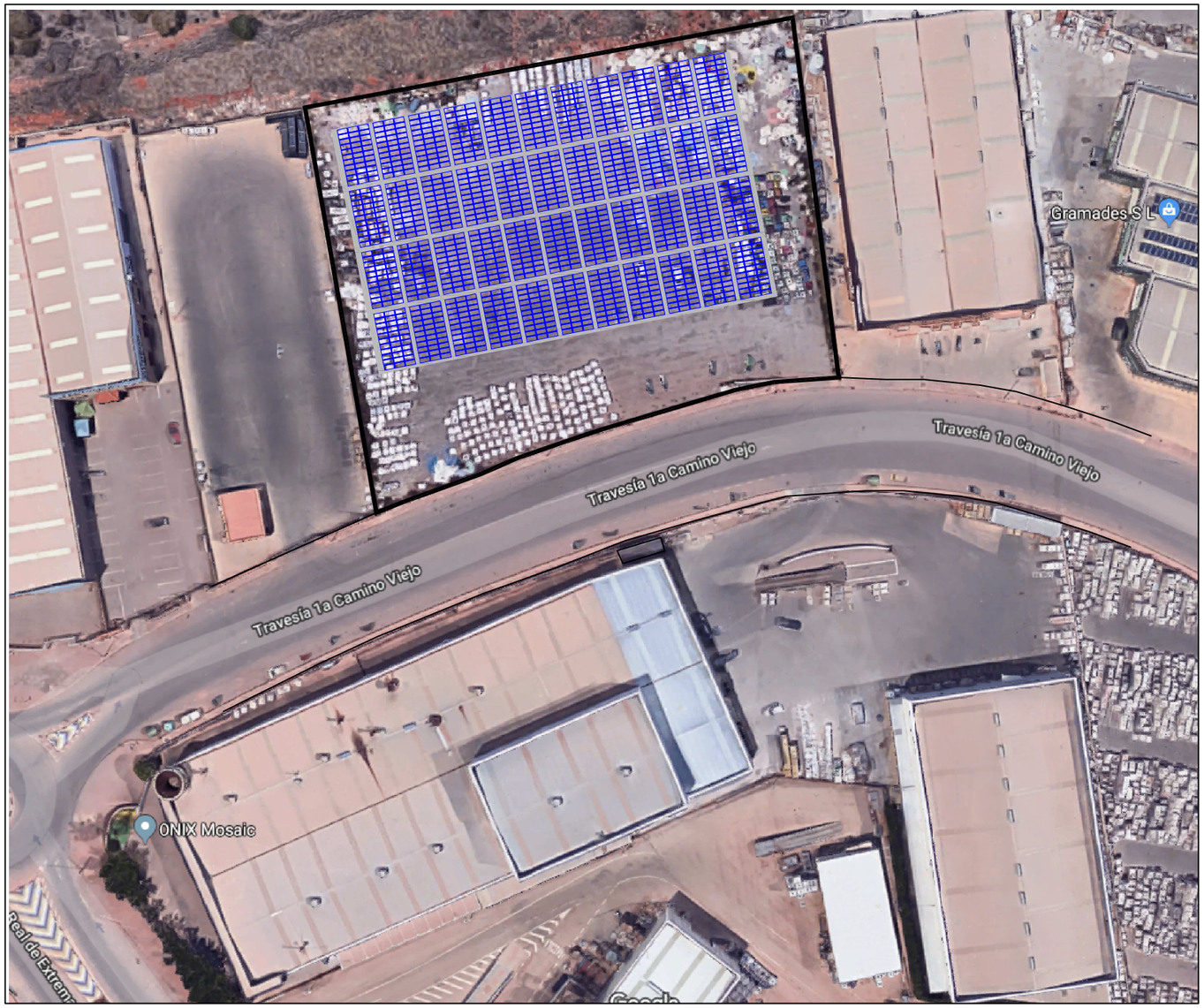
| DESIGNACIÓN: | ESCALA: | PLANO: |
|---|---|---|
| PLANTA DE CUBIERTA | 1/500 | 12 |

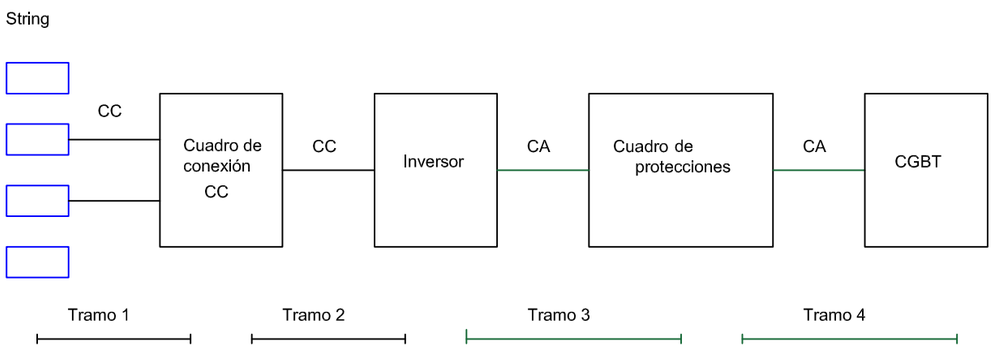
TRAMO 1:
Cable unipolar RZ1-K (AS), tensión asignada de 0,6/1 kV, de cobre clase 5 (-K) de 2,5 mm² de sección.
Canal protectora

TRAMO 2:
Cable unipolar RZ1-K (AS), tensión asignada de 0,6/1 kV, de cobre clase 5 (-K) de 35 mm² de sección.
Canal protectora

TRAMO 3:
Cable unipolar RZ1-K (AS), tensión asignada de 0,6/1 kV, de cobre clase 5 (-K) de 95 mm² de sección.

TRAMO 4:
Cable unipolar RZ1-K (AS), tensión asignada de 0,6/1 kV, de cobre clase 5 (-K) de 240 mm² de sección.
Canalización enterrada.
Tubo rígido de polietileno de doble pared (interior lisa y exterior corrugada), de color naranja, de 110 mm de Ø.
Sobre lecho de arena de 5 cm de espesor, relleno lateral y posterior relleno con la misma arena hasta 10 cm por encima de la generatriz superior de la tubería y cinta de señalización.




TÍTULO DEL PROYECTO: ESTRUCTURA METÁLICA PARA ALMACENAMIENTO DE MATERIALES CERÁMICOS E INSTALACIÓN FOLTOVOLTAICA ONDA

UNIVERSITAT JAUME I

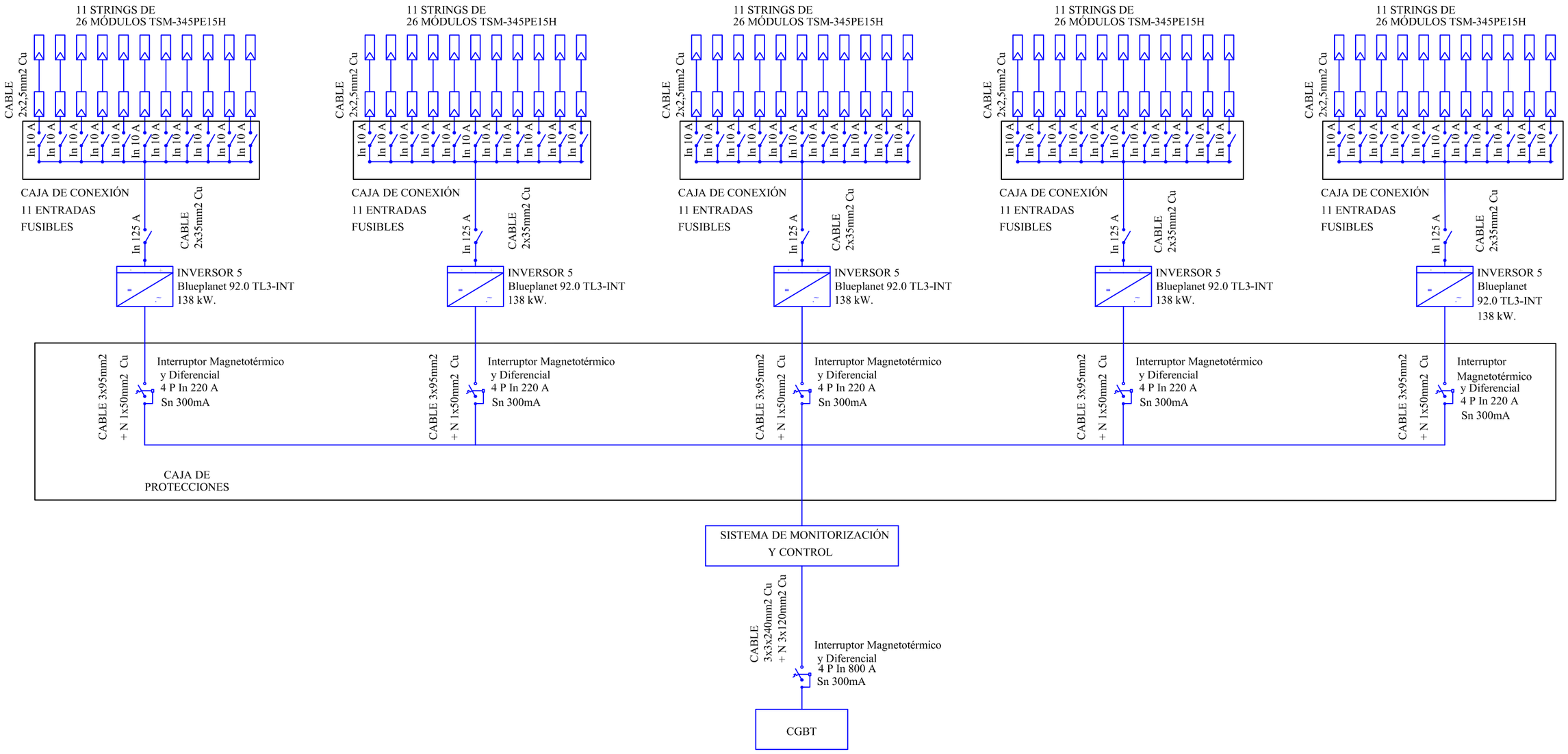
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA Y CONSTRUCCIÓN
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE SISTEMAS INDUSTRIALES Y DISEÑO

REFERENCIA TÉCNICA:
David Hernandez Figueirido
Lluís Monjo Mur

AUTOR DEL PROYECTO:
Celia Lacomba Albert

FECHA:
Octubre de 2019

| DESIGNACIÓN: | ESCALA: | PLANO: |
|---|---|---|
| PLANTA DE INSTALACIÓN FV EN CUBIERTA | 1/1000 | 13 |




TÍTULO DEL PROYECTO: ESTRUCTURA METÁLICA PARA ALMACENAMIENTO DE MATERIALES CERÁMICOS E INSTALACIÓN FOLTOVOLTAICA ONDA

UNIVERSITAT JAUME I

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA Y CONSTRUCCIÓN
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE SISTEMAS INDUSTRIALES Y DISEÑO

REFERENCIA TÉCNICA:
David Hernandez Figueirido
Lluís Monjo Mur

AUTOR DEL PROYECTO:
Celia Lacomba Albert

FECHA:
Octubre de 2019

| DESIGNACIÓN: | ESCALA: | PLANO: |
|---|---|---|
| ESQUEMA UNIFILAR | ---- | 14 |